

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
В.О. Завідувач кафедри  
Киричук Ю.В.  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
на тему: Забезпечення працездатності комп'ютерної системи цифрового  
будинку

Виконала: студентка 6 курсу, групи ПІ-81мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Алістратова Тетяна Сергіївна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Андрєєва О.В \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант стартап-проект к.е.н., доцент, Бояринова К.О. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент, Шевченко В.В. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет  
Кафедра приладобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Гераїмчук М.Д.

(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Алістратовій Тетяні Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Забезпечення працездатності комп'ютерної системи цифрового будинку»

науковий керівник магістерської дисертації Андрєєва Олена Вікторівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07»11 2019р. №3848-с

2. Строк подання студентом дисертації 16.12.2019

3. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Дослідження існуючих систем, особливості побудови і роботи системи «розумний будинок»; 2. Порівняльний аналіз сучасних засобів контролю стану комп'ютерної системи збору даних; 3. Аналіз методів для тестування ліній зв'язку; 4. Побудова каналів збору інформації від датчиків; 5. Оптимізація навантажень ліній зв'язку; 6. Вибір режимів контролю компонентів і ліній зв'язку; 7. Дослідження гібридних варіантів побудови систем та живлення компонентів системи; 8. Розрахунок вібраційної стійкості та міцності електронних частин системи; 9. Розрахунок електричних навантажень

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Презентаційний лист 1арк. А1; Кресленики деталей загальним об'ємом 3 арк. А1; Основні схеми та графічний матеріал загальним об'ємом 4 арк. А1

5. Орієнтовний перелік публікацій дві статті за темою магістерської дисертації

6. Консультант розділу дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розробка стартап-проекту</i>	<i>д.т.н. Бояринова К.О.</i>		

7. Дата видачі завдання 16.09.19

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів дисертації	Примітка
	<i>Видача завдання на магістерську дисертацію</i>	16.09.19	
	<i>Формування змісту та основних напрямків дослідження</i>	23.09.19	
	<i>Пошук технічної літератури та інформаційних ресурсів за темою магістерської дисертації</i>	30.09.19	
	<i>Аналіз видів тестування системи «розумний будинок»</i>	14.10.19	
	<i>Аналіз методів тестування ліній зв'язку</i>	21.10.19	
	<i>Вибір датчиків та побудова каналів збору інформації</i>	05.11.19	
	<i>Розрахунок вібраційної стійкості та міцності електронних частин системи</i>	16.11.19	
	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	18.11.19	
	<i>Розробка стартап-проекту</i>	25.11.19	
	<i>Підготовка графічного матеріалу</i>	28.11.19	
	<i>Подання дисертації на перевірку</i>	13.12.19	

Студент

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Алістратова Т.С.

Андрєєва О.В.

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Обсяг роботи – 120 сторінок;

Кількість ілюстрацій – 56;

Кількість таблиць – 30;

Кількість джерел за посиланням – 47;

**Актуальність.** Неякісні прилади, старіння обладнання, несумісність приладів та програмного забезпечення, що використовуються в «розумному будинку», а також небезпека злому системи сторонніми особами, може призвести до аварійних ситуацій. Сучасні системи, що розповсюджені на ринку, здатні лише частково реагувати, коли аварійна ситуація вже настала, але не можуть таку ситуацію попередити.

Вдосконалення системи «розумного будинку» передбачає заміну чи розробку таких складових, які зможуть передбачити надзвичайну ситуацію. Реалізація «розумного будинку» тісно пов'язана з розвитком комп'ютерних технологій, мікроелектроніки та систем зв'язку (бездротового та дротового).

Оскільки система «розумного будинку» не має чітких обмежень у вартості і стандартизації, то вона є індивідуальною для кожного користувача. Саме це робить розробку або вдосконалення «розумного будинку» досить актуальною темою у наш час.

**Метою дослідження є:** створення вдосконаленої системи «розумний будинок», яка здатна забезпечити реалізацію охоронних функцій та функцій контролю, а також самодіагностику приладів та самої системи.

### **Завдання дослідження:**

- вивчення особливості побудови і стану розумного будинку;
- порівняльний аналіз сучасних засобів контролю стану комп'ютерної системи збору даних;
- побудова каналів збору інформації від датчиків;
- вибір системи контролю працездатності пристроїв;
- вибір і розрахунок потужностей і ліній зв'язку;

-контроль стану електронних частин системи: енергоефективності пристроїв освітлення та ін.

**Об'єктом дослідження є:** комп'ютерна система цифрового будинку.

**Предметом дослідження є:** порівняльний аналіз сучасних засобів контролю стану комп'ютерної системи збору даних.

**Публікації:**

1. Андреева О.В. Нові компоненти та модулі для систем з оптичними каналами зв'язку / Андреева О.В., Алістратова Т.С.// Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2019).Дванадцята міжнародна науково-практична конференція 21-22 травня 2019 р., Київ, Україна. – К.: НАУ, 2019. – 279 с. (збірка тез)
2. Алістратова Т.С. Інтелектуальна система вимірювання відстані / Скоркін О.Ю., Алістратова Т.С.// Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 43)" / Збірник тез доповідей: випуск 43 (м. Тернопіль, 14 листопада 2019 р.). – Частина 2. – Тернопіль. – 2019. – 81 с.

**Ключові слова:** *гібридні інтелектуальні системи, розумний будинок, лінії зв'язку, методи тестування комп'ютерної системи, інтелектуальні датчики.*

## ABSTRACT

The volume of work - 120 pages;

Number of illustrations – 55;

Number of tables – 30;

Number of sources per link – 47.

**Topicality.** Poor appliances, aging equipment, incompatibilities of devices and software used in a "smart home", as well as the risk of unauthorized system breakage, can lead to accidents. Modern systems, common in the market, are only able to respond partially when an emergency has already arisen, but cannot prevent this situation.

Improvement of the "smart home" system involves the replacement or development of such components that can predict an emergency. The "smart home" implementation is closely linked to the development of computer technology, microelectronics and communication systems (wireless and wired).

Because the smart home system has no clear cost and standardization constraints, it is unique to each user. This is what makes the development or improvement of a "smart home" a very relevant topic in our time.

The purpose of the study is to: create an advanced "smart home" system that is capable of implementing security and control functions, as well as self-diagnosis of devices and the system itself.

### **Objectives of the study:**

- study of the features of construction and condition of a smart home;
- comparative analysis of state-of-the-art computer data acquisition monitoring systems;
- construction of channels for collecting information from sensors;
- the choice of the system of control of efficiency of devices;
- selection and calculation of capacities and communication lines;
- control of electronic parts of the system: energy efficiency of lighting devices, etc.

**The object of the study is:** a digital home computer system.

**The subject of the study is:** a comparative analysis of state-of-the-art computer data acquisition monitoring systems.

**Posts:**

1. Andreeva OV New components and modules for systems with optical communication channels / Andreeva OV, Alistratova TS // Integrated Intelligent Robotics Complexes (IIRTK-2019). Twelfth International Scientific and Practical Conference May 21-22, 2019, Kyiv, Ukraine. - K .: NAU, 2019. - 279 p. (abstract)

2. Alistratova TS Intelligent distance measurement system / Skorkin O.Yu., Alistratova TS // International Scientific Internet Conference "Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Becoming (Issue 43)" / Proceedings: 43 (Ternopil , November 14, 2019). - Part 2. - Ternopil. - 2019. - 81 p.

**Keywords:** *Hybrid Intelligent Systems, Smart Home, Communication Lines, Computer System Testing Methods, Intelligent Sensors.*

# ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І ПОЗНАЧЕНЬ .....	13
РОЗДІЛ 1. ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ .....	16
1.1 Розумний будинок. Дослідження існуючих систем «розумного будинку» .....	16
1.2 Вибір системи контролю працездатності приладів .....	20
1.3 Особливості побудови і роботи комп'ютерної системи. Види тестування .....	25
1.4 Діагностика тестування .....	30
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....	34
2.1.1 Рефлектометри. Імпульсний метод вимірювання .....	34
2.1 Методи та прилади для тестування ліній зв'язку .....	40
2.1.2 Типи пошкоджень .....	41
2.2 Побудова каналів збору інформації від датчиків .....	44
2.2.1 Вибір датчику температури та вологості .....	46
2.2.2 Контроль енергоефективності пристроїв освітлення .....	50
2.2.3 Вибір датчиків шуму .....	60
2.3 Гібридність інтелектуальних систем .....	63
2.3.1 Класифікація гібридних інтелектуальних систем .....	64
2.3.2. Порівняння дротової і бездротової технологій .....	68
2. 4 Архітектура апаратних засобів .....	74
2.5 Розрахунок вібраційної стійкості та міцність електронних частин системи .....	77
2.6 Розрахунок енергоспоживання від батарейки .....	81
2.7 Розрахунок електричних навантажень .....	82
2.8 Розрахунок навантаження освітлення .....	84
2.9 Розрахунок контуру заземлення .....	88
2.10 Імітаційна модель роботи комп'ютерної системи «Розумний будинок» .....	90
2.11 Експеримент з датчиком .....	95
2.12 Інтелектуальна вимірювальна мікросхема ADuC816 .....	98
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО БУДИНКУ» .....	100



3.1 Опис ідеї проекту .....	100
3.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	102
3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	103
3.4 Розробка ринкової стратегії проекту .....	110
ВИСНОВКИ .....	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	120

## ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І ПОЗНАЧЕНЬ

**Імпеданс** - комплексний, повний опір змінному струму електричного кола з активним і реактивним опором [24].

**Крейтова система LTR** - система призначена для побудови багатоканальних вимірювачів систем вводу та виводу аналогових та цифрових даних [10].

**Котушка Пупіна** - котушка індуктивності, що використовується на дротових лініях зв'язку для збільшення відстані голосового зв'язку.

**Актуатор** - пристрої, головним завданням яких є перенесення зусилля з керуючого або регулюючого механізму на виконавчий.

**Димер** - це мініатюрний прилад, що дозволяє плавно регулювати яскравість штучного освітлення.

**Рефлектометр** - пристрій, який призначений для знаходження дефектів у кабельних лініях зв'язку за допомогою локаційного методу [21].

**Інтерфейс** - це сукупність засобів та правил, які забезпечують взаємодію пристроїв обчислювальної машини (системи обробки інформації) або програм. [ГОСТ 15971-90]

**Імпульсний метод** - аналіз дротової лінії зв'язку по відбитому сигналу, в лінію надсилається серія електричних імпульсів, а на осцилограмі відбиття видно неоднорідність дроту [22].

**Лінія зв'язку** - фізичне середовище, призначена для передачі інформації між одиницями обладнання, які відіграють роль в інформаційному обміні, включаючи дані, сигнали керування та синхронізації.

**Гібридні інтелектуальні системи** - це системи, які при вирішенні окремих задач використовують одночасно декілька методів штучного інтелекту [39].

**Інтернет речей** (англ. Internet of Things, IoT) - концепція обчислювальної мережі фізичних предметів, обладнаних вбудованими

технологіями для взаємодії один з одним та з зовнішнім середовищем, без участі людини.

**Аналого-цифровий перетворювач** - пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал).

**Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП)** - пристрій для перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал за величиною, пропорційною значенню коду.

**Мікроконтролер** - це спеціальна мікросхема, призначена для керування різними електронними пристроями.

**Мультиметр** - це універсальний прилад для вимірювань напруги, струму, опору, а також для перевірки дротів на обрив.

**Компаратор** - пристрій для порівняння двох різних напруг та сил струму, що видає кінцевий силовий сигнал (більший з них) розраховуючи їх співвідношення.

**Утиліта** - допоміжна комп'ютерна програма, призначена для налаштування обладнання, операційної системи та інших допоміжних робіт.

## ВСТУП

З розвитком технологій, мікроелектроніки і систем бездротового зв'язку з'явилась зацікавленість до комп'ютерних систем, які вирішують проблему автоматизації будинку. Вже кілька десятиків років на ринку технологій існує система «розумний будинок». Зі збільшенням попиту на такий продукт, збільшились вимоги і до його якості, можливостей та індивідуалізації. Оскільки в розробці цифрового будинку немає обмежень і чіткої стандартизації, то основним завданням розробника стає максимальна несхожість з іншими подібними проектами, а також індивідуалізація за вимогами замовника.

Система «розумний будинок» включає в себе технологію IoT (інтернет речей), технологію M2M (взаємодія між собою речей без участі людини), систему розпізнавання образів, аналогові і цифрові камери стеження, хмарні технології, нові інтерфейси, сенсорні мережі. Кожна із цих складових повинна бути якісною для того, щоб робота системи працювала безвідмовно. Основною задачею, яку ставить споживач перед «розумним будинком» є безпека життєдіяльності у будинку та біля нього, а також попередження небезпечних ситуацій, аварій, пожеж та ін.

Метою досліджень, представлених в магістерській дисертації є побудова одного з можливих варіантів комп'ютерної системи цифрового будинку, яка повинна виконувати наступні функції: забезпечення традиційних функцій комфорту, тобто «розумне світло», «розумні вікна та двері», «контроль мікроклімату», «контроль шуму»; контроль стану та моніторинг всіх компонентів, з яких складається комп'ютерна система, а також дослідження питання енергозабезпечення компонентів системи.

# РОЗДІЛ 1. ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

**Метою тестування є:**

- 1) визначення працездатності окремих приладів каналів збору даних;
- 2) визначення працездатності окремих приладів керування виконуючими пристроями;
- 3) визначення працездатності апаратної обробки даних (центральної ПЕОМ, мікроконтролер)

**Метою тестування є:**

- 1) підвищення працездатності додатку для тестування мінімальною похибкою при будь-яких обставинах, а також його відповідності всім вимогам;
- 2) актуальність інформації про стан системи на момент перегляду.



Рисунок 1.1 - Послідовність тестування комп'ютерної системи

## 1.1 Розумний будинок. Дослідження існуючих систем «розумного будинку»

Реалізація функцій «розумного будинку» тісно пов'язана з розвитком комп'ютерних технологій, мікроелектроніки, систем дротового та бездротового зв'язку, інтелектуальними датчиками. Розумний будинок - це сукупність підключених до однієї (спільної) мережі пристроїв, що виконують певні дії з мінімальною участю людини.

Термін «розумний будинок» було введено у 1984 році американською асоціацією житлово-будівельних компаній.

Основними завданнями «розумного будинку» є [1, 44, 45]

- забезпечення безпеки (захищеність системи та самого дому від стороннього втручання);
- економія (тепло- та енергозбереження);
- підвищення комфорту («розумне світло», «контроль клімату», «контроль шуму» та ін.);
- догляд за близькими та моніторинг здоров'я (інформування про стан і поведінку людину похилого віку та маленьких дітей);
- конфігурація (можливість змінювати налаштування для адаптації людини до певних життєвих ситуацій);
- віддалений доступ (можливість змінювати параметри системи через планшет або смартфон, не знаходячись вдома).

Найлегшим шляхом при розробці системи автоматизації будинку є використання вже готових систем керування. Розглянемо деякі варіанти системи (рис.1.2):



Рисунок 1.2 - Варіанти систем «розумний будинок»

Smart Visu Home - це інтерфейс для роботи з інтелектуальними системами будинку, що гарантує оптимальне відображення інформації про системи керування, забезпечує налаштування та керування функціями і

групами функцій, а також можливостями індивідуальних налаштувань відображення в системі «розумний будинок».

Функція імітації присутності мешканців в будинку, що гарантує безпеку будівлі під час тривалої відсутності (керування світлом, жалюзі, відеоспостереженням) [2].

MajorDoMo (Major Domestic Module) - безкоштовне та відкрите програмне забезпечення для керування домашньою автоматикою та підтримка життєдіяльності (вологості та температури, керування освітленням з планшету/смартфону або голосовими командами). Система встановлюється практично на будь-який комп'ютер (Windows або Linux), але підтримує лише найрозповсюдженіші пристрої. Недоліком є обмежене число задач, що вирішуються [3].

Freedomotic – це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом для автоматизованого керування квартирами, великими будівлями, торговельними центрами, школами та дитячими садочками. Freedomotic дозволяє взаємодіяти не лише з існуючими протоколами автоматизації будівель, але і з саморобним обладнанням, інтегруючись з зовнішніми інтерфейсами та додатками, як і інші датчики в системі [4].

Node-RED - це графічний конфігуратор, інструмент програмування для з'єднання пристроїв та інтерфейсів новими цікавими способами; редактор, що дозволяє об'єднувати потоки використовуючи широкий діапазон вузлів, також за допомогою браузерів він може будувати схему взаємодій пристроїв різного типу між собою та зовнішніми системами. Node-RED дозволяє створювати додатки, з'єднуючи окремі компоненти, але з відсутністю візуалізації [5].

Fibaro - система керування побутовими приладами та створення автоматизованої системи «розумний будинок» на базі технології Z-Wave. При зміні розташування приладів, чи доповненні системи не треба проводити монтажні роботи та налаштовувати програмне забезпечення, мережа автоматично оновлює характеристики [6].

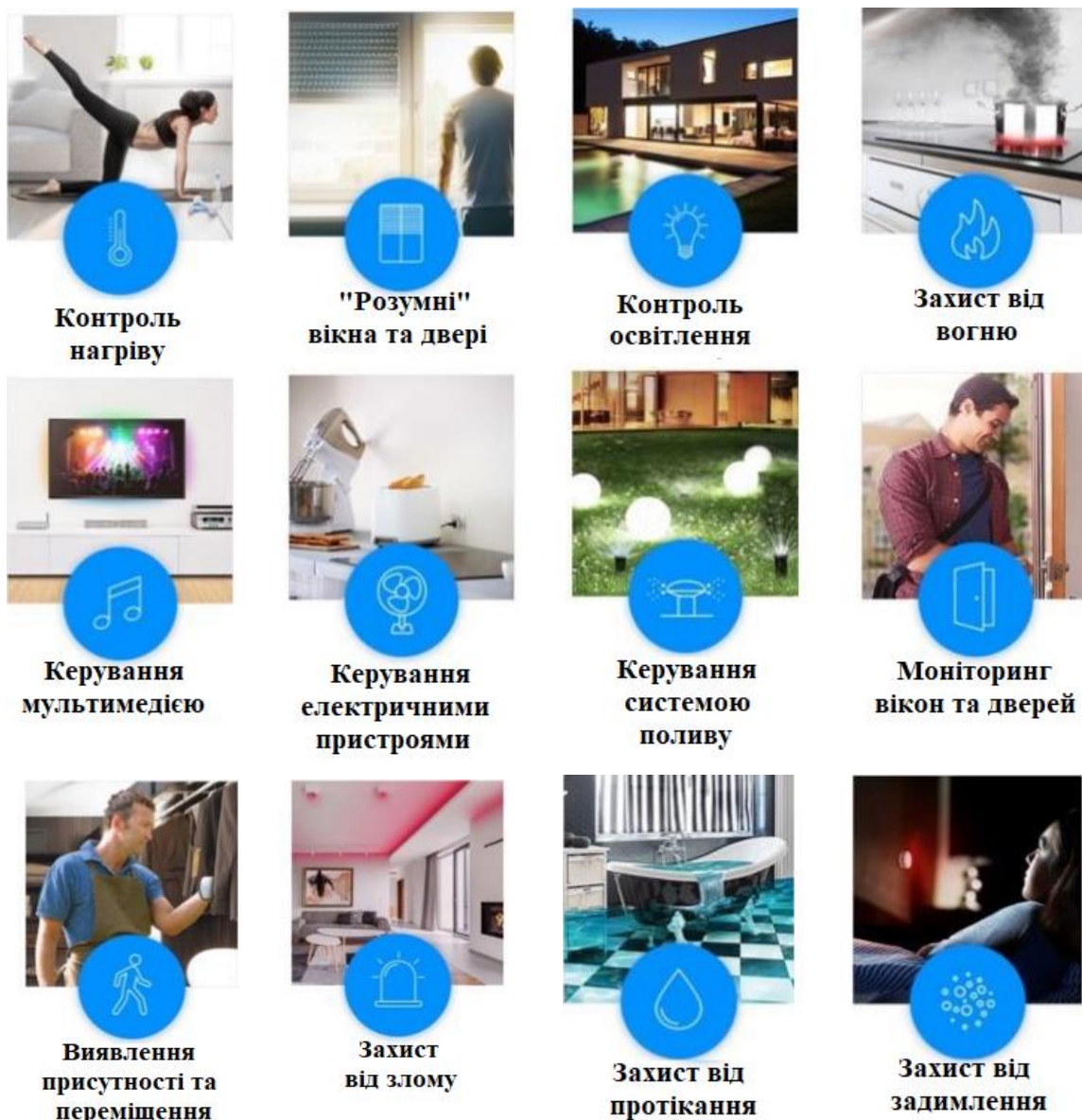


Рисунок 1.3 - Ключові функції Fibaro

NetPing - багатофункціональний пристрій віддаленого контролю та моніторингу навколишнього середовища. Дозволяє підключати обмежену кількість датчиків ( не більше 16) на один пристрій. Якщо підключено датчик, що контролює зміни навколишнього середовища, пристрій може віддалено керувати та спостерігати за температурою, задимленістю, вологістю, сигналізацією, наявністю або відсутністю протікання води, відчиненням/зачиненням дверей та вікон, а також при встановленні додаткового обладнання слідкувати за електро- та теплоспоживанням [7].

Система «цифровий будинок» складається з підсистем представлених на рисунку 1.4.



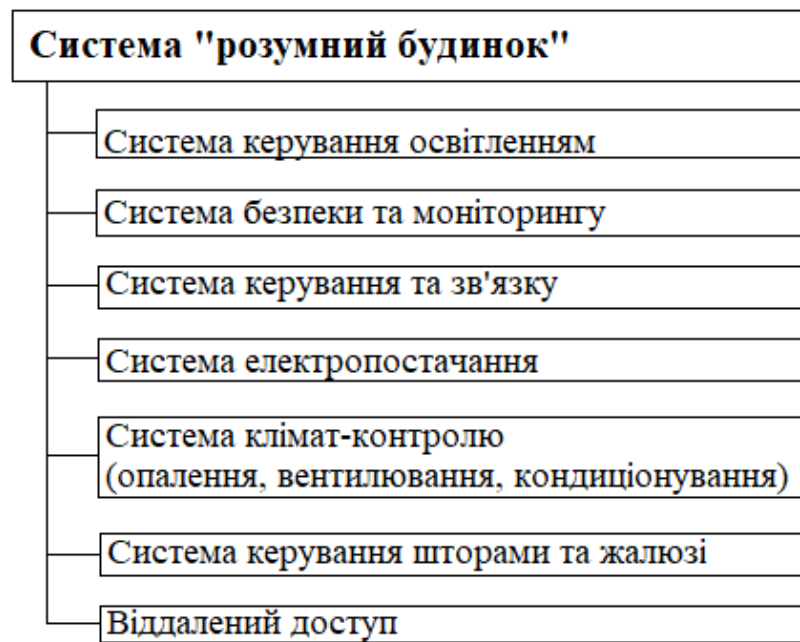


Рисунок 1.4 - Основні підсистеми «розумного будинку»

Важливо, щоб система «розумний будинок» була індивідуальною «під ключ» і налаштовувалась під вимоги клієнта.

На ринку є окремі «розумні продукти», які користувач може самостійно об'єднати в систему «розумний будинок».

## 1.2 Вибір системи контролю працездатності приладів

Прилад (тестер-аналізатор Ethernet / Gigabi) **Беркут-ЕТ** зображений на рисунку 1.5, застосовується для діагностики та аналізу мережевого обладнання, а саме для оцінки стану кабелю та контролю зв'язності каналів згідно методики RFC-2544. Також в аналізаторі є можливість отримання статистики (приймання і передавання) по трафіку та можливість організації шлейфу.

Принцип дії тестера базується на відтворенні еталонної частоти. Генератор з вбудованим кварцовим джерелом тактової частоти задає імпульсні сигнали, що надходять на вхід аналізатора. На виході аналізатора, формується відповідний трафік передачі потоку пакетів цифрової інформації на мережевому, фізичному та каналному рівнях мережі [8].



Рисунок 1.5 - Тестер-аналізатор Беркут-ЕТ

Тестер-аналізатор Беркут-ЕТ виконує функції [8]:

- 1) генерація та аналіз трафіка, збір та відображення статичної інформації, що приймається та передається по трафіку на 3-х рівнях: каналному, мережевому та транспортному рівнях;
- 2) визначення коефіцієнту бітових помилок;
- 3) діагностика несправності кабелю;
- 4) підключення режиму «Шлейф» на віддаленому приладі;
- 5) організація шлейфу на фізичному, каналному, мережевому та транспортному рівнях;

При використанні Беркут-ЕТ є можливість проведення 4-х тестів відповідно методики RFC-2544.

1. Аналіз пропускної здатності. Тест проводиться для визначення максимальної швидкості комутації для мережевих елементів.

Пропускна здатність – максимальна швидкість передачі даних на якій кількість кадрів, що тестуються, дорівнює кількості кадрів, відправлених з тестуючого обладнання.

На вхід подається деяка кількість пакетів з мінімальним міжкадровим інтервалом. Підраховується кількість пакетів, що приходять з вихідного порту,

якщо вона менша за кількість переданих пакетів, то міжкадровий інтервал збільшується і тест повторюється.

Залежність між інтервалом та навантаженням є зворотною, тому більшому значенню інтервалу відповідають менше значення навантаження.

2. Аналіз затримки. Тест використовується для аналізу часу проходження кадру від джерела до отримувача і в зворотному напрямку. Час затримки повинен бути приблизно однаковим. Спочатку визначається пропускна здатність для розмірів кадрів, далі для кожного пакету на відповідних максимальних швидкостях передається потік кадрів на потрібну адресу. Тест повторюють не менше ніж 20разів, а за результатами аналізу вираховується середня затримка.

Затримка - це різниця між часом прийому пакета з позначкою та часом до якого пакет з позначкою повністю передано.

3. Аналіз рівня втрат кадрів. Тест застосовується для перевірки спроможності мережі підтримувати додатки. Саме цей аналіз дозволяє розрахувати відсоток кадрів, які не були передані мережевим елементом при постійному навантаженні через дефіцит ресурсів.

На вхід посилається деяка кількість кадрів на певній швидкості та підраховуються пакети, що надійшли з вихідного порту.

Рівень втрат кадрів розраховується за формулою [9]:

$$\frac{100(input\_count - output\_count)}{(input\_count)}, \quad (1.1)$$

де *input count* - кількість кадрів, що посилаються на вхідний порт; *output count*- кількість пакетів, що прийшли з вихідного порту DUT.

Тестування спочатку здійснюється на максимальній швидкості, а далі повторюються, зменшуючи швидкість тестового потоку на 10%, доки в двох спробах поспіль не буде загублено жодного кадру.

4. Аналіз граничного навантаження. Тест дозволяє оцінити час, протягом якого пристрій справляється з максимальним навантаженням.

На початку тесту на вхід надсилаються кадри з мінімальною міжкадровою затримкою та підраховується кількість пакетів з виходу. Якщо кількість кадрів на вході дорівнює кількості кадрів на виході, тоді час відправки кадрів збільшується і тест повторюється, доки в двох спробах поспіль не буде загублено жодного кадру. Але якщо кількість пакетів на виході менше ніж на вході, час зменшується і тест повторюється знову [9].

Результати всіх тестів доступні у вигляді таблиць та графіків.

**Крейтова система LTR** зображена на рисунку 1.6, має єдиний 32-бітний індексний інформаційний формат і використовується для побудови багатоканальних вимірювальних систем (введення / виведення) аналогових та цифрових даних.

Функції системи [10]:

- 1) переведення в цифровий формат та цифро-аналогове перетворення сигналу;
- 2) вимірювання періодів і частот сигналу з селекцією по програмованому рівню;
- 3) багатоканальне виявлення та асинхронний ввід/вивід цифрових сигналів;
- 4) визначення стану контактів підключених до дроту.

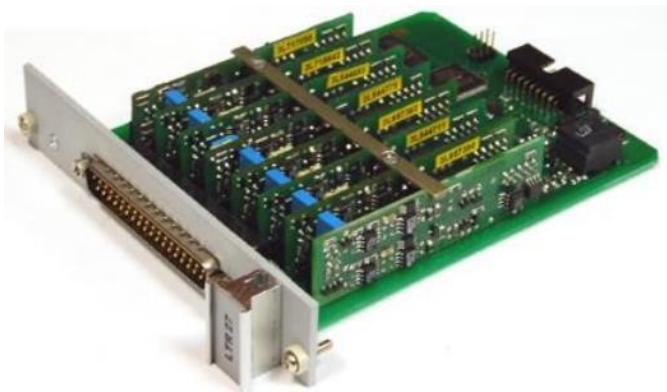


Рисунок 1.6 - Зовнішній вигляд модуля LTR27 з конфігурованим числом і субмодулями H-27x

Можливість гнучкого розширення конфігурації при повній сумісності крейтів дає наявність в системі як великих (8- і 16-місцевих) так і малих (1- і 2-місцевих) крейтів. Крейти LTR зовні складаються з таких елементів: корпус,

передня і задня панелі з роз'ємами, індикація, вимикач живлення і кнопка скидання. Внутрішні елементи: контролер, крос-плата, блок живлення.

Основні завдання крейт-контролера LTR з інтерфейсом USB:

- 1) трансляція даних і команд між хост-комп'ютером і LTR-модулями, адресуючи їх до модулів і назад;
- 2) буферизація даних, включаючи їх втрату при значних завмираннях системи.

На рисунку 1.7 зображена функціональна схема модуля LTR27. Лічильники імпульсів рахують кількість імпульсів, що проходять за 1мс. Імпульси йдуть від перетворювачів напруги в частоту субмодулів. Лічильник опитує AVR, рахує кількість імпульсів за заданий проміжок часу та направляє до інтерфейсу розраховані коди відліків вимірювань. При найгіршій точності вимірювання максимальна чистота відліків від кожного каналу дорівнює 1кГц. При менших частотах збору інформації, отримуємо більш точні виміри, AVR виконує додаткове усереднення [10].

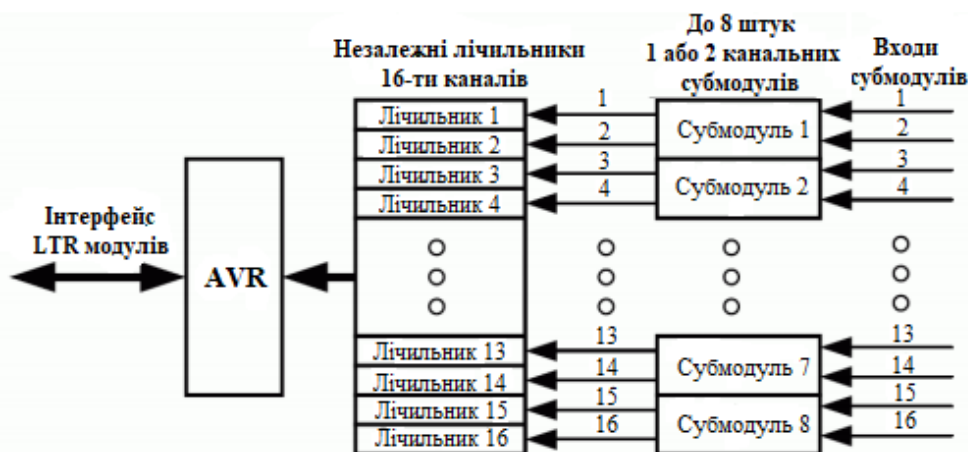


Рисунок 1.7 - Функціональна схема модуля LTR27

Для тестування вимірювальних каналів комп'ютерної системи доцільно обрати тестер-аналізатор Беркут-ЕТ, який є лідером серед приладів тестування мереж 10/100/1000 Мбіт/с. Особливістю аналізатора Беркут-ЕТ є можливість виконання тестів з використанням двох портів одночасно (порт «1» в режимі BERT, порт «2» в режимі Ethernet-шлейфа).

### 1.3 Особливості побудови і роботи комп'ютерної системи. Види тестування

Одним з найбільш дорогих етапів життєвого циклу програмного забезпечення є його тестування, на нього виділяється близько 60% всіх витрат.

Тестування системи «розумний будинок» класифікують за параметрами:

а) За доступом до вихідного коду, поділяється на тестування:

- 1) «білої скриньки»;
- 2) «чорної скриньки»;
- 3) «сірої скриньки».

«Біла скринька» - структурне тестування. При даному підході текст програми доступний для аналізу. Завданням даного методу є перевірка внутрішньої логіки ПЗ. Тестування, що приведе до перебору всіх можливих шляхів на графі передач керування програми даних і є критерієм повноти тестування. Основні види структурного тестування зображені на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 - Види структурного тестування

«Чорна скринька» - функціональне тестування. При даному підході текст програми не доступний. Завданням цього тестування є перевірка відповідності програми своїм специфікаціям. Перебір усіх можливих варіантів значень вихідних даних і є критерієм повноти тестування. Основні види функціонального тестування зображені на рисунку 1.9 [11].

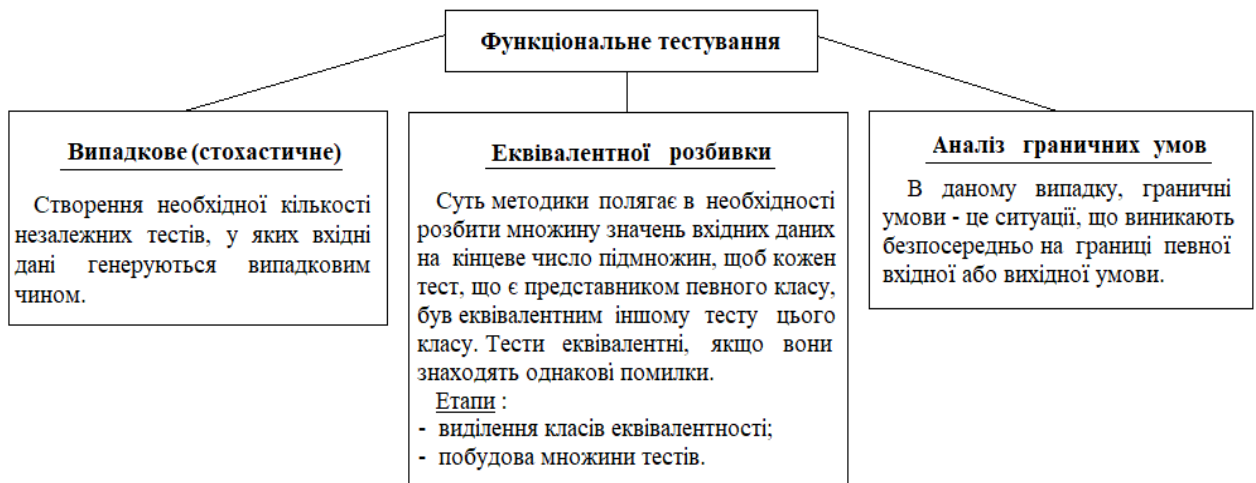


Рисунок 1.9 – Види функціонального тестування

б) за об'єктом тестування поділяються [11] :

- 1) тестування безпеки;
- 2) функціональне тестування;
- 3) тестування стабільності та надійності;
- 4) тестування локалізації;
- 5) навантажувальне тестування;
- 6) димне тестування;
- 7) стрес-тестування;
- 8) тестування сумісності.

в) тестування на виконання цифрового коду :

- 1) динамічне;
- 2) статичне.

г) за охоплення тестової програми, тестування поділяються на [11]:

- 1) модульне;
- 2) інтеграційне;
- 3) системне;
- 4)  $\alpha$  і  $\beta$  тестування;
- 5) приймально-задавальне;
- 6) пілотне.

Модульне (компонентне) – тестування, перевірка дефектів та функціональності окремих елементів в частинах додатку (об'єкти, класи, функції, модулі програм та ін.) [12].

В модульному тестуванні в якості параметрів функції, використовують конкретні значення, а в компонентному - реальні об'єкти і драйвери.

Інтеграційне - перевіряє зв'язок між компонентами та взаємодію між іншими частинами системи. Інтеграційне тестування поділяються на декілька рівнів (рис.1.10).

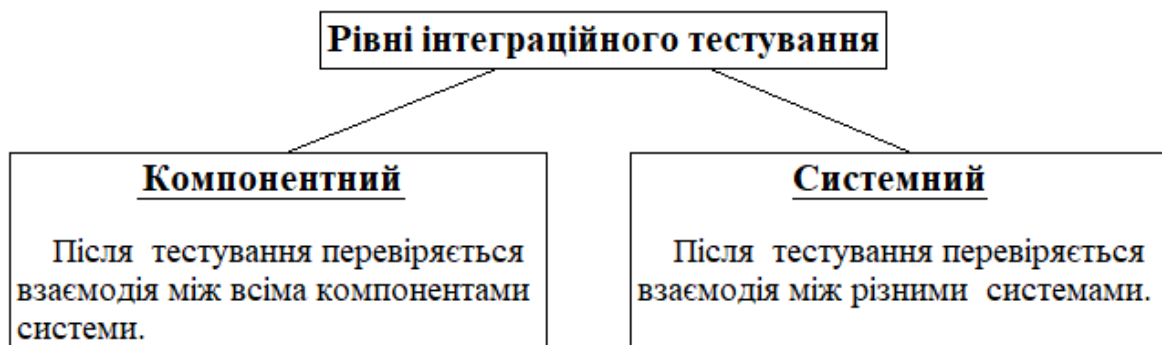


Рисунок 1.10 – Рівні інтеграційного тестування

Системне - перевірка функціональних, і не функціональних вимог в системі, визначення дефектів (неправильне використання ресурсів, несумісність з оточенням, невірна функціональність).

Бета-тестування – оцінка стабільності та можливостей роботи програми, виявлення максимального числа помилок в роботі та їх усунення [13].

Альфа-тестування – імітація реального використання, упорядкована перевірка всіх функцій програми з використанням тестування «чорного ящика» та «білого ящика» [13].

Приймально-задавальне - перевірка відповідності системи усім критеріям та вимогам, на основі типових тестових сценаріїв та випадків [14].

Пілотне тестування - імітація реальних умов для перевірки обраних рішень, задач, теоретичних схем, моделей; визначення додаткових опорних точок, з метою підготовки до подальших досліджень та визначення правильності перед введенням продукту (програми) в експлуатацію [15].



Пілотне тестування складається з двох етапів:

- 1) опрацювання структури;
- 2) проведення тестування.

Види тестування поділяються на такі типи:

- 1) функціональні;
- 2) нефункціональні;
- 3) пов'язані зі змінами.

1. Функціональні види тестування працюють на всіх рівнях тестування (приймальному, компонентному, інтеграційному, системному) та ґрунтуються на особливостях взаємодії з іншими системами, досліджуючи зовнішню поведінку самої системи. Основні види функціональних тестувань рис.1.11 .

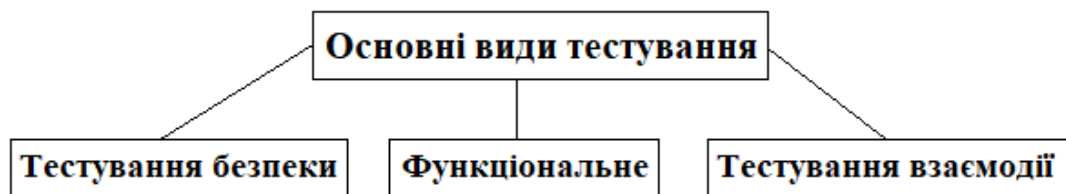


Рисунок 1.11 - Види функціональних тестувань

Функціональне тестування аналізує функціональність компонентів або системи в цілому та імітує їх фактичне використання [16].

Тестування взаємодії перевіряє здатність додатків взаємодії з іншими компонентами.

Тестування безпеки аналізує ризики, що пов'язані з забезпеченням захисту додатків від вірусів, «хакерських» атак та несанкціонованого доступу до даних.

Тестування базується на трьох принципах тестування «безпеки» [16]:

- 1) **доступність** до ресурсів лише авторизованому користувачеві;
- 2) **конфіденційність** - обмеження доступу до ресурсів, неавторизованих користувачів;
- 3) **цілісність** - відновлення даних у разі пошкодження або неправильного введення, зміна ресурсів певним способом та конкретною групою користувачів.

2. Нефункціональні види тестування – це тести необхідні для визначення параметрів працездатності системи та її програмного забезпечення, перед початком основної розробки. На рис.1.12 представлені основні види нефункціональних тестів [16].

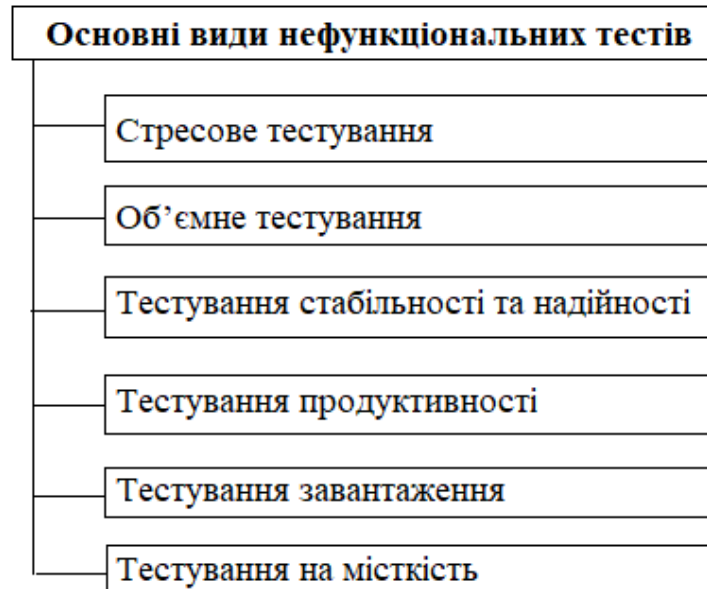


Рисунок 1.12 - Види нефункціональних тестів

Стресове тестування визначає работоспроможність системи в ненормальних умовах (стресі) та її здатність до регенерації (відновлення).

Об'ємне тестування - визначення працездатності системи під час збільшення обсягів інформації в базі даних.

Тестування стабільності, полягає в оцінці продуктивності і стабільності системи, а також в дослідженні використання пам'яті. Все це допомагає уникнути зниження продуктивності (зниження відклику на дію та швидкості обробки інформації) в порівнянні з початком поботи програми.

Тестування продуктивності визначає час виконання операції, кількість користувачів та досліджує продуктивність роботи додатку під навантаженням.

На рисунку 1.13 зображена схема завдань тестування продуктивності.



Рисунок 1.13 - Схема завдань тестування продуктивності

Тестування на завантаження, полягає в тестуванні реакції системи на зміну навантаження в певних межах.

Тестування на місткість, визначає кількість користувачів чи об'єм інформації, що може обробляти система без зниження продуктивності та втрати стабільності [16].

#### 1.4 Діагностика тестування

Існує багато різноманітних програм, що можуть узагальнити та провести аналіз інформації про комп'ютерну систему та протестувати її.

Утиліти - це спеціальні програми призначені для оптимізації роботи програми, обслуговування її файлів, та вирішення питань з якими оперативна система не може впоратися сама.

Утиліти поділяються на [17]:

- 1) вузькоспеціалізовані (призначені для детального аналізу однієї підсистеми);
- 2) загальні (діагностика всієї системи та окремих її компонентів).

Утиліти складаються з модулів, які дозволяють просто і швидко скласти повне уявлення про систему і зробити її більш продуктивною.

Існує декілька варіантів програми EVEREST [17]:

- 1) EVEREST Corporate Edition;
- 2) EVEREST Ultimate Edition;

### 3) EVEREST Home Edition.

Утиліта EVEREST Home Edition проводить моніторинг і діагностує операційну систему, дає докладну інформацію про комп'ютер та його підсистеми. Розмір програми - 2,58 Мбайт. Робоча область складається з двох вікон (рис.1.14): основного (інформаційного) та допоміжного (вибір інструментів моніторингу, для пошуку інформації про компоненти системи).

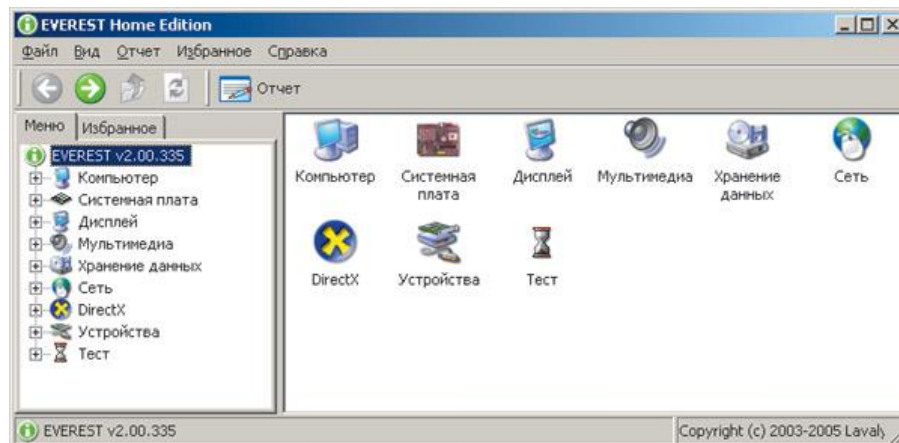


Рисунок 1.14 - Основне вікно утиліта EVEREST Home Edition

Програма максимально повно та докладно інформує про апаратне і програмне забезпечення комп'ютера, складаючи звіти за заздалегідь заданим сценарієм. Містить допоміжні модулі, моніторингові функції, включає різні бенчмарки і тести продуктивності [17].

Norton System Check – всеохоплююча перевірка комп'ютерної системи (перевірка жорсткого диску, сканування реєстрів та ін.), задля покращення її працездатності [18].

Norton Disk Doctor - програма що слідкує за фізичним (пошкодження магнітного шару диску) та логічним (відслідковування та ліквідація пошкоджень файлової системи, «загублених» пакетів даних, що з'являються при неправильному завершенні роботи програми та інших логічних помилок) здоров'ям жорсткого диску

Режими роботи Norton Disc Doctor [18]:

- 1) Diagnose Disc - режими діагностики дисків;
- 2) Surface Test - Дозволяє відтворювати тестування поверхні диску;

3) Undo Changes - якщо з диском щось сталося, перед його виправленням зберігає початковий стан диска в файлі, ця опція відмінює всі виправлення і повертає диск в початковий стан [17].

Тестова система Sandra (Sisoft Corporation) складається з 60 інформаційних модулів, кожен з яких включає в себе кілька тестів. Тести поділяються на порівняльні та інформаційні, всі вони не тільки видають об'єктивну інформацію про об'єкт але і додатково інформують по даній темі. При тестуванні надається звіт про помилки та функції, що не підтримуються, але програма не виправляє їх, а лише інформує про проблеми. Основне вікно утиліта показано на рис. 1.15 [19].

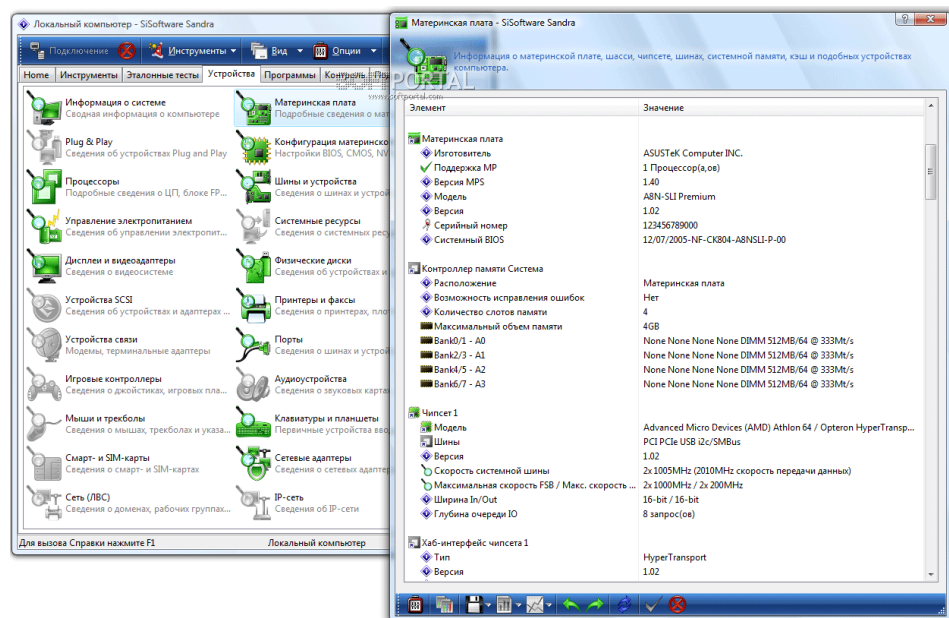


Рисунок 1.15 - Основное вікно утиліта Sandra (Sisoft Corporation)

Утиліта Sandra дозволяє працювати з великим асортиментом сучасних систем та платформ, таких як: Pocket PC ARM (портативні комп'ютери та смартфони), Win64 IA64 (системи на базі Itanium), AMD 64 (системи на базі процесорів AMD Athlon 64/Athlon 64 FX/Opteron) та Win32 x86 [19].

Інструменти діагностики та моніторингу Sandra (Sisoft Corporation) на рис.1.16.

Інформаційні модулі займаються пошуком інструментів для отримання повної інформації про всі програми та компоненти системи.

Бенчмаркінгові модулі - синтетичні тести, які можуть оцінити продуктивність найважливіших компонентів системи, крім відеоспостереження [17].

Тесові модулі інформують про розподіл ресурсів системної пам'яті.

Переглядові модулі надають доступ до важливих системних файлів та визначаючи просторове розташування системного середовища [17].

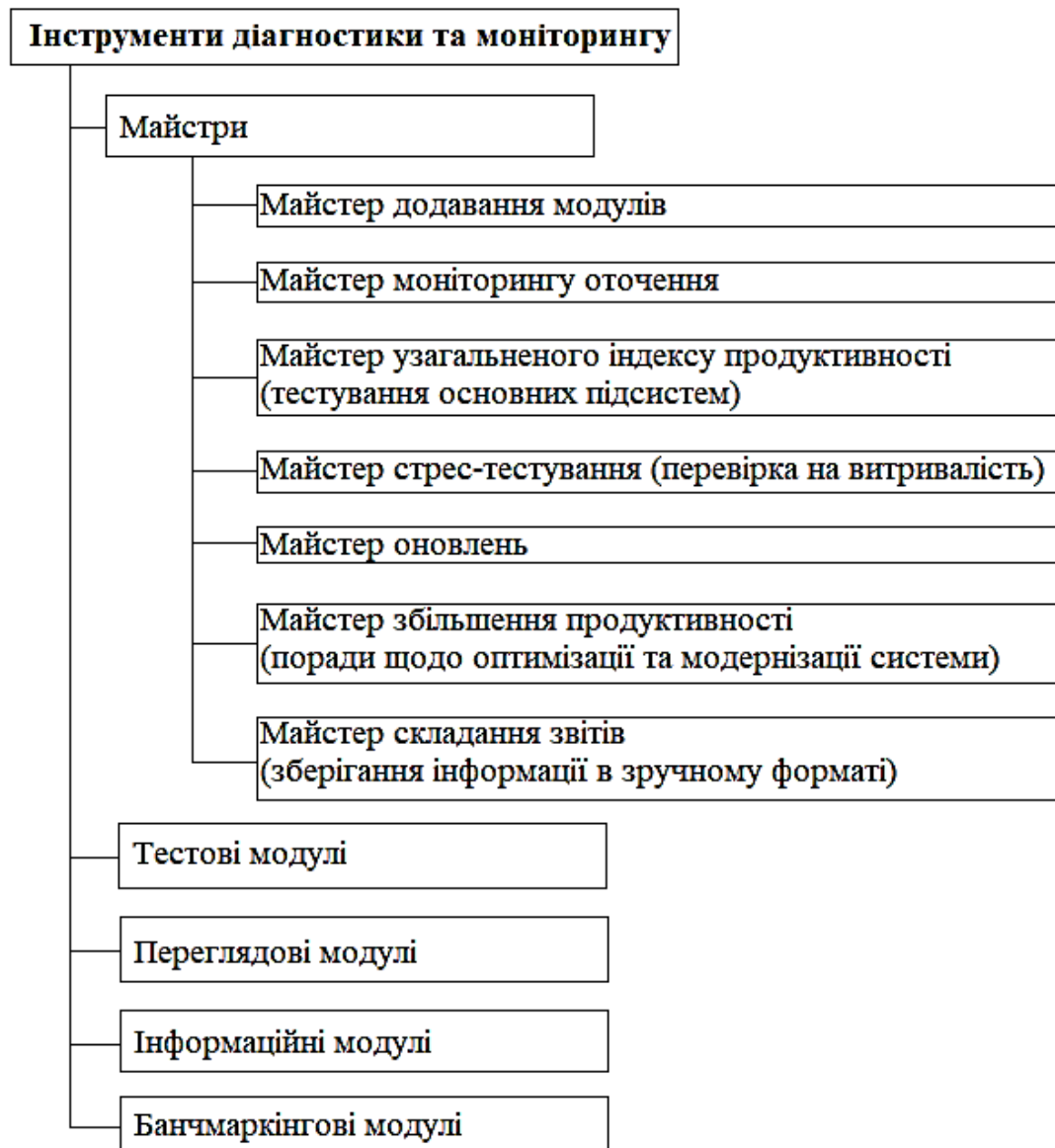


Рисунок 1.16 - Класифікація інструментів діагностики та моніторингу Sandra

З практичної точки зору утиліта EVEREST Home Edition є найбільш надійною програмою тестування, оскільки вона знаходить та аналізує повну інформацію про роботу комп'ютерної системи.

## РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНТРУКТОРСЬКИЙ

### 2.1.1 Рефлектометри. Імпульсний метод вимірювання

Рефлектометри - це спеціальний пристрій, що спрямовує імпульси по дроту для виявлення дефектів, класифікації розривів та коротких замикань в лініях зв'язку за допомогою локаційного методу.

Дефекти кабелю викликають часткову втрату інформації та нестабільність системи, тому дуже важливо перевіряти цілісність дротів [21].

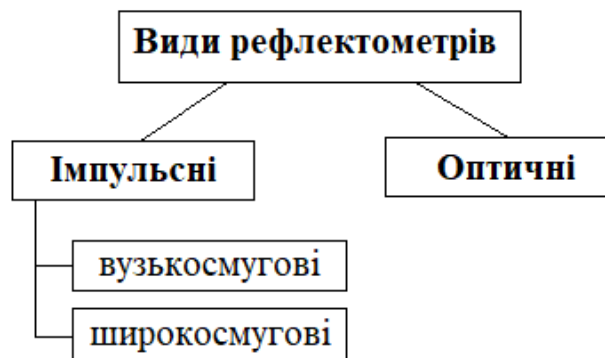


Рисунок 2.1- Види рефлектометрів

Рефлектометри поділяються на два види (рис.2.1), в залежності від використання: рефлектометри для дротів, та рефлектометри для оцінки параметрів оптичних дротів (сигналів з великою швидкістю та мінімальними втратами) [21].

Імпульсні поділяються на: вузькосмугові (дозволяють знизити потужність) і широкосмугові (дозволяють знизити ступінь шумів до мінімальних показників) в залежності від типу приймального блоку.

Широкосмугові пристрої працюють за принципом прямого вимірювання імпульсу та швидкості зворотного переміщення при неоднорідності дроту.

Оптичні рефлектометри використовуються для оптичних дротів. Їх особливістю є рух по дроту світових імпульсів для діагностики ліній зв'язку та перевірки сигнальних дротів. Виходячи з потужності, дальність використання оптичних приладів лежить у межах 10-50 тисяч метрів.

Даний рефлектометр складається з блоку обробки та керування (задає струм), імпульсного лазера, що створює світлові імпульси певної потужності та тривалості, перетворювача, розгалужувача та дисплею. Час лазерного імпульсу складає від 1 наносекунди до 10 мікросекунд. Частота імпульсів блоку керування задається вручну або автоматично, в залежності від довжини дроту, що досліджується, а в той же час на блок обробки надходять синхроімпульси. Світлові імпульси через вхідні та вихідні порти розгалужувача подаються на кабель, лазер та перетворювач з'єднуються через вхідні порти, кабель, що досліджується підключається до вихідного порту [20].

Зворотній сигнал, приймається фотоприймачем перетворюючого пристрою, в результаті здійснюється перетворення оптичних сигналів в електричні.

Передпідсилювач монтується разом з фотоприймачем, для збільшення сигналу, що отримується. Сигнал потрапляє в блок обробки, де електросигнал обробляється, створюється рефлектограма, яка теж обробляється та проводяться вимірювання. Рефлектограма потрапляє на дисплей, після чого на ньому відображаються результати вимірювань.

Для зменшення шумів та розширення діапазону, в блоці обробки зберігаються данні багатьох відбитих сигналів.

Принцип дії рефлектометра. Пристрій підключається до дроту. Лазер створює короткі імпульси, що рухаються по дроту, якщо при проходженні сигналу створюється перешкода, то відбувається відбиття сигналу, яке прилад фіксує та вимірює параметри (порівняння кінцевих та початкових показників, час проходження сигналу). Програми аналізують дані, визначають відстань до перешкоди та її характер та відправляють їх на дисплей, де користувач бачить всі показники.





Рисунок 2.2 - Робота рефлектометра

### Функції рефлектометра [20]:

- виявлення пошкоджень та неоднорідностей кабелю;
- виявлення характеру ушкоджень (обриви, коротке замикання та інше);
- вимірювання коефіцієнту укорочення;
- виявлення плаваючих дефектів;
- знаходження розташування паралельних відводі.

Рефлектометри використовують для прокладки та надійної експлуатації ліній зв'язку, силових дротів, дротів сигналізації та контролю, в системах зв'язку та комп'ютерних мережах.

При виборі рефлектометра слід враховувати [20]:

- динамічний діапазон (максимальна довжина необхідна для вимірювання параметрів);
- параметри навколишнього середовища (де прилад буде використовуватись);
- параметри мертвих зон відносно згасаючих та відбитих сигналів (чим їх менше, тим більш точна рефлектограма);
- кількість робочих довжин хвиль пристрою (чим їх більше, тим більш функціональний прилад);
- дальність світлових імпульсів;
- програмне забезпечення пристрою.

Імпульсний метод вимірювання передбачає аналіз дротової лінії по відбитому імпульсному сигналу, в лінію надсилається серія електричних імпульсів, а на осцилограмі відбиття видно неоднорідність дроту [22].

На рисунку 2.3а та 2.3б показано застосування імпульсного методу в провіднику.

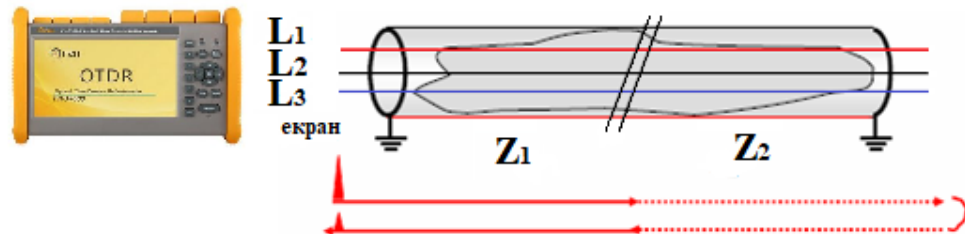


Рисунок 2.3а - Відбиття сигналу в провіднику при імпульсному методі

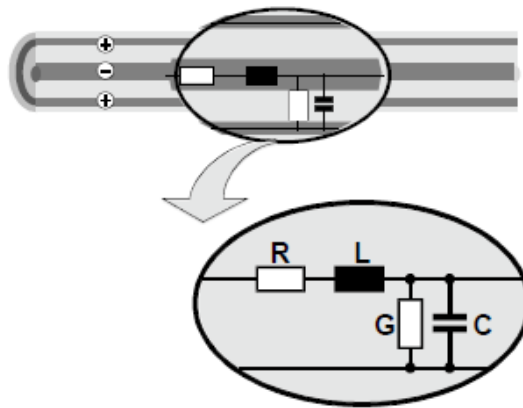


Рисунок 2.3б – Модель електричного провідника в розтині: R- розподілений опір; L-розподілена індуктивність; G-провідність ізоляції; C- міжпровідникова ємність

Омічний опір залежить від R та G, а хвильовий Z провідника залежить від L та C [23].

Для розрахунку хвильового опору провідника, застосовується формула:

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega \cdot L}{G + j\omega \cdot C}}, \quad (1.2)$$

Формула для високих частот:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (1.3)$$

Для визначення коефіцієнту відбиття застосовуємо формулу:

$$r = \frac{U_R}{U_s} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_2 + Z_1}, \quad (1.4)$$

де  $r$  - коефіцієнт відбиття;  $U_s$  - вихідний сигнал;  $U_R$  - відбитий сигнал;  $Z_1$  - хвильовий опір першого провідника;  $Z_2$  - хвильовий опір другого провідника.

Коефіцієнт відбиття при паралельних неполадках:

$$r = \frac{-Z \cdot 100}{2R + Z}, \% \quad (1.5)$$

Коефіцієнт відбиття при поздовжніх неполадках:

$$r = \frac{R \cdot 100}{2Z + R}, \% \quad (1.6)$$

Швидкість розповсюдження електричних сигналів відповідає половині швидкості світла і практично не залежить від частоти, але для дротів з маленькими діаметрами треба враховувати дисперсію. Для визначення відстані до пошкодження використовується половина швидкості розповсюдження, яка залежить від типу, конструкції ізоляційного матеріалу, діелектричної сталої  $\varepsilon$  та швидкості світла  $c$ . Ці залежності відображені у формулі [23]:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_{rel}}}, \text{ м/мкс} \quad (1.7)$$

де  $\varepsilon$  - діелектрична стала;  $c$  – швидкість світла.

Відстань до пошкодження визначається за формулою:

$$l_x = t \frac{v}{2}, \text{ м} \quad (1.8)$$

Для розрахунку високочастотного ( $\omega L \geq R$ ) загасання при імпульсному методі використовується формула:

$$l_x = t \frac{v}{2}, \text{ Нп/км} \quad (1.9)$$

Для низькочастотного ( $\omega L \leq R$ ) компоненту імпульсу:

$$\alpha = \frac{R}{2z} + \frac{GZ}{2}, \text{ Нп/км} \quad (1.10)$$

Крайній діапазон вимірювань імпульсного методу в неупунізованому дроті залежить від діаметру жил.

Дисперсія в лініях зв'язку залежить від частоти та проявляється як залежна від довжини змін  $\frac{v}{2}$ , це показує, що контрольний імпульс при переміщенні по дроту змінює свою швидкість [23].

Коефіцієнт відбиття. Будь-яка зміна в однорідній структурі призводить до зміни індуктивності (ємності) та провідності ізоляції в цій точці, яка відбиває частину вхідного імпульсу назад. Якщо відбито лише частину імпульсу, тоді сигнал, що залишився рухається до наступної точки відбиття та повертається до приладу. Частина відбитої імпульсної напруги визначається як коефіцієнт відбиття [23].

Формула розрахунку для паралельних пошкоджень:

$$r = \frac{-Z}{2R_f + Z}, \% \quad (1.11)$$

де  $r$  - коефіцієнт відбиття;  $R_f$  - опір пошкодження;  $Z$  - характеристичний імпеданс кабелю.

При паралельних неоднорідностях, відбиті імпульси змінюють полярність.

При зламах, послідовних пошкодженнях або помилках фіксування, застосовується формула (1.12):

$$r = \frac{R_f}{2Z + R_f}, \% \quad (1.12)$$

В цьому випадку контрольний імпульс полярність не змінює.

Контрольний імпульс поданий в дріт, проходить до неоднорідності з певною швидкістю розповсюдження (для різних видів дротів швидкість різна), та частково або повністю відбитий повертається на початок. Якщо відомий час проходження імпульсу, можна розрахувати відстань до пошкодження.

$$l_x = t \frac{v}{2}, \text{ м} \quad (1.13)$$

де  $l_x$  - відстань відмови;  $t$  - час (в мікросекундах);  $\frac{v}{2}$  - швидкість розповсюдження.

Час між передніми фронтами контрольного імпульсу та відбитого імпульсу є дуже важливим критерієм. В довгих дротах контрольний імпульс може згладжується через загасання так, що його неможливо визначити, в цьому випадку його порівнюють з іншими жилами, якщо такі є.

## **2.1 Методи та прилади для тестування ліній зв'язку**

Тестування ліній зв'язку здійснюється за допомогою відповідних методів та приладів. Існує два основних підходу: тестування на постійному і змінному струмі. В свою чергу тестування змінного струму використовується для визначення первинних та вторинних параметрів лінії та проводиться двома способами [20]:

- 1) вимірювання падаючої хвилі;
- 2) вимірювання відбитої хвилі (метод рефлектометрії).

Ці методи можна реалізувати шляхом порівняння (частіше інших використовується мостовий метод) та безпосереднього вимірювання хвилі. Метод порівняння є дуже точним в широкому діапазоні вимірюваних значень.

Концепція тестування мереж спирається на взаємодію відкритих систем OSI, яка поділяє прилади тестування мереж зв'язку на [20]:

- 1) 1-й рівень - аналізатори фізичного рівня (мультиметри, кабельні тестери, рефлектометри для металічних та оптичних дротів, аналізатори спектра);
- 2) З 2-го по 7-й - аналізатори високих рівнів (кишенькові тестери, аналізатори протоколів, пакети програм).

Аналізатори другого-сьомого рівнів вимірюють параметри циклів та пакетів, перевіряють цілісність даних та їх перетворення.

Тестування дротових ліній зв'язку здійснюється за допомогою аналізаторів фізичного рівня. Ці прилади можуть оцінювати такі параметри:

довжина лінії зв'язку, опір, загасання, коефіцієнт відбиття, а також електричний стан дротової лінії ( неоднорідність дроту, місце пошкодження лінії та інше) [20].

Вимірювачі рівня сигналу використовуються для налаштувань та усунення пошкоджень в системах з металічними дротами, вимірювання загасань, гармонічних завад (шумів).

Мультиметри вимірюють параметри лінії зв'язку по постійному та змінному струму, а мости дозволяють оцінити більш точно первинні параметри ліній. Селективні вимірювачі здатні оцінювати низькі рівні сигналів та тестувати працюючі системи [20].

Рефлектометри дозволяють тестувати в часовій або частотній області пошкодження витої пари, визначати причини пошкоджень, неоднорідностей та їх положення.

### **2.1.2 Типи пошкоджень**

Імпульсний метод застосовується для будь-яких видів пошкоджень. Відбувається через зміну однорідності кабелю, будь-яка відмова в силовому кабелі, перехресна перешкода на дроті, пошкодження провідника або помилка передачі, визиває зміну імпедансу  $Z$  [22].

Імпеданс - це комплексний, повний опір змінного струму електричного кола з активним і реактивним опором [24].

$$Z = R + jX, \quad (1.14)$$

де  $j$  – мінімальна одиниця в уявленні комплексного числа ( $j^2 = -1$ ),  $X$  – реактивна складова, що теоретично розраховується:

$$X = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}, \quad (1.15)$$

де  $f$  – частота синусоїдального сигналу (Герц);  $L$  – вплив індуктивної складової опору (Генрі),  $\frac{1}{C}$  – вплив ємнісної складової ( $\text{Фарад}^{-1}$ ).

Коли  $X > 0$  переважає вплив ємнісної складової, а коли  $X < 0$  переважає індуктивність.

1. Паралельне пошкодження (короткі замикання) з відображенням  $r = 100\%$ , відображення з тією ж амплітудою, але з протилежною фазою. На рисунку 2.4 зображено паралельне пошкодження [25].

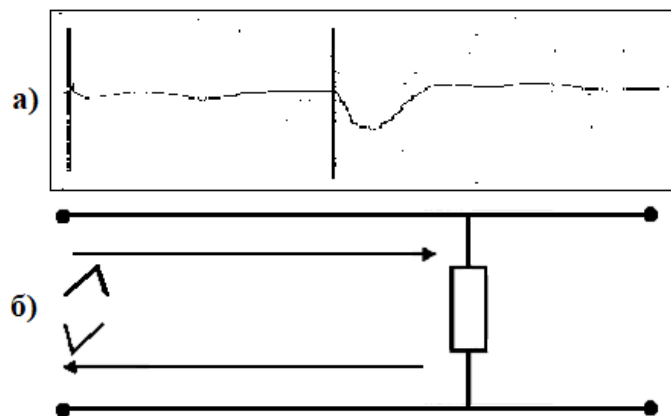


Рисунок 2.4 – а) рефлектограма паралельного пошкодження; б) паралельне пошкодження

2. Послідовне пошкодження (повні або часткові обриви) більшість опору нескінченної величини, усі вхідні компоненти напруги змінного струму будуть відображені з тією ж амплітудою та фазою [25].

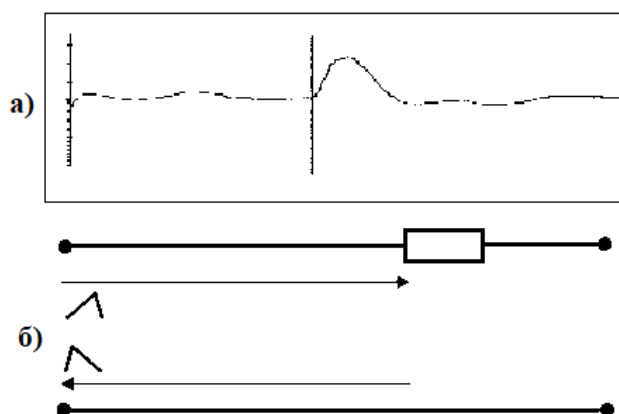


Рисунок 2.5 – а) рефлектограма послідовного пошкодження; б) послідовне пошкодження

3. Неоднорідність імпедансу виникають якщо дві ділянки кабелю з різними характеристиками імпедансу з'єднані разом. Неоднорідності визивають часткове відображення, переданий сигнал не переривається, є критичними в дротах імпульсних систем [25].

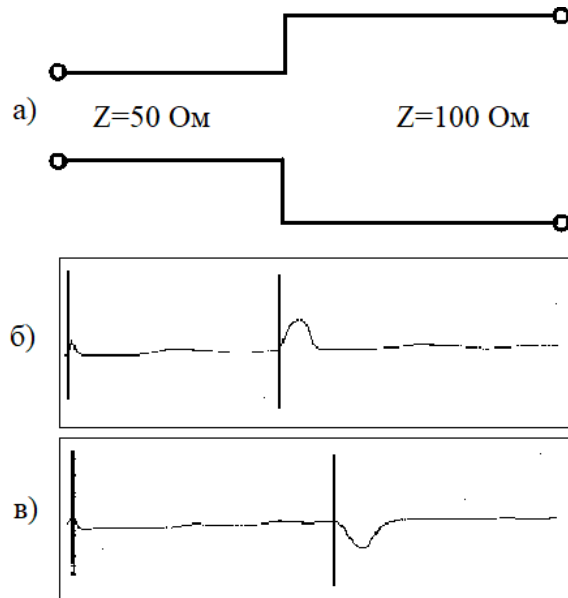


Рисунок 2.6 – а) неоднорідність імпедансу; б) рефлектограма вимірювання імпедансу з ближнього кінця; в) рефлектограма вимірювання імпедансу з дальнього кінця

Якщо дріт однорідний до останнього відображення відмови, відображення через відмову можуть бути змінені, якщо опір більше  $\frac{1}{10} Z$ .

Перехід характеристичного імпедансу від 50 до 100 Ом, показано як позитивне відображення.

4. Несправність, що викликає паразитний зв'язок не складно визначити. Існує декілька видів несправностей паразитного зв'язку: реальні, мнимі, складні. Деякі типи несправностей, можуть бути знайдені в дротах, як омична, індуктивна, ємнісна. Для омичного зв'язку опір має бути більше 1 кОм. Імпульсний тип показує відстань до пошкодження [25].

Рисунок 2.7 показує обумовлений паразитний зв'язок несправності та рефлектограму пошкодження.



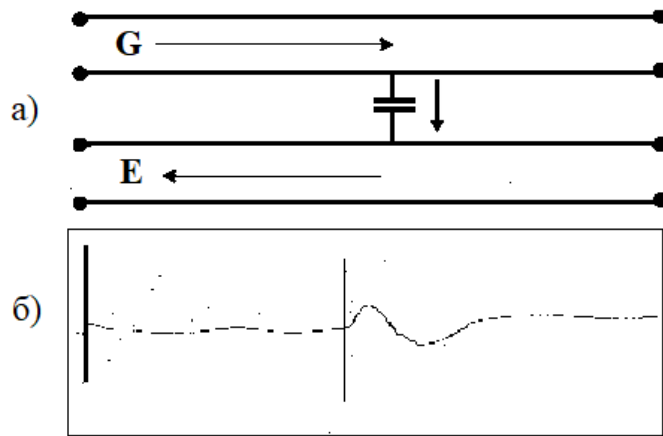


Рисунок 2.7 - а) паразитний зв'язок несправності: G- імпульсний генератор, E- отримувач; б) рефлектограма пошкодження

Рисунок 2.7 б) показує, що використаний метод не є методом відображення. Незважаючи на те, що імпульс передавача було відображено на дальньому кінці дроту, він повертається до генератора, частина імпульсу повертається через паразитний зв'язок до початку дроту та відображається на дисплеї [25].

## 2.2 Побудова каналів збору інформації від датчиків

Для забезпечення комфортного проживання в «розумному домі» дуже важливим пунктом є вибір якісних датчиків контролю. Для створення сприятливого мікроклімату, використовують системи кондиціонування, вентиляції, прилади для зволоження повітря, датчики температури та інше. Всі ці системи потребують контролю та налаштувань, а автоматизована система «розумний будинок» дозволяє керувати усіма приладами та їх параметрами з смартфона або комп'ютера. Можна встановити бажану температуру в кожній кімнаті окремо, включати опалення за кілька годин до повернення, включити світло, закрити або відкрити жалюзі, спостерігати за домом в момент відсутності, також система «розумний будинок» дозволяє заощаджувати тепло та електроенергію (працюють лише ті пристрої, що потрібні в даний момент, інші знаходяться в режимі очікування) [26].

Система об'єднує в себе окремі підсистеми, кожна з яких має свої функції: клімат-контроль, освітлення, пожежна безпека, відеоспостереження та інше.

Система «розумний будинок» складається з двох частин [27, 46, 47]

- 1) **верхньої**, що включає в себе центральний контролер, який оброблює сигнали, що надходять від приладів та виробляє керуючі сигнали на основі заданих користувачем параметрів;
- 2) **нижньої**, що включає в себе датчики і виконавчі механізми.

Незалежно від фірми та технологій, систему можна поділити на чотири групи за функціональним призначенням (рис.2.8): клімат-контроль, освітлення, безпека та керування.

Варіантів обладнання будинку дуже багато, кожна частина структури складає складну систему, що дозволяє вирішувати будь-які забаганки користувача.

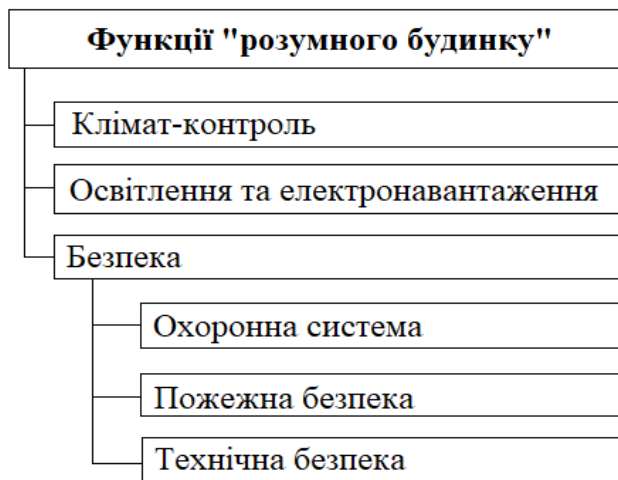


Рисунок 2.8 - Функціональна структура «розумного будинку»

В даній роботі будуть розглянуті основні принципи системи, прилади та інші компоненти, які є найбільш важливими та часто використовуються в системі «розумний будинок».

### 2.2.1 Вибір датчику температури та вологості

Однією з найважливіших функцій «розумного будинку» є можливість керувати мікрокліматом (температура, кондиціонування, зволоження, вентиляційна система).

Крім керування клімату в приміщенні «розумного будинку» в даній роботі буде визначатися рівень температури, вологості та тиску за межами будинку.

Датчик температури та вологості Xiaomi temperature sensor збирає показники поточного стану повітря та звіряє їх із заданими користувачем параметрами, може автоматично включити кондиціонер, коли стало спекотно, а якщо повітря занадто сухе - ввімкнути зволожувач [28].

Датчик в середині пристрою дозволяє вимірювати температуру оточуючого середовища з точністю до  $0,3^{\circ}\text{C}$ , а вологості з точністю до 3%. Основні характеристики датчика вказані в таблиці 2.1.



Рисунок 2.9 - Датчик температури та вологості Xiaomi temperature sensor

Існує декілька сценаріїв датчика температури та вологості Xiaomi в залежності від показників [28]:

- 1) якщо температура вище заданого значення;
- 2) якщо температура вище заданого значення;
- 3) якщо вологість вище заданого значення;
- 4) якщо вологість вище заданого значення.

Таблиця 2.1 – Характеристики датчика Xiaomi temperature sensor [28]

Робоча температура	від -20°C до 60°C
Живлення	батарейка CR2032
Модуль зв'язку	ZigBee
Габарити	35 мм x 10 мм
Вага	15 гр.

Для вимірювання температури та вологості в приміщенні та за його межами, можна використовувати датчики DHT11 та DHT22. Датчики були обрані невипадково, а через їх невисоку вартість та потрібні технічні характеристики.

Дані датчики складаються з двох частин: **резистивного датчика**, що виглядає як два електроди нанесені на підкладку та вкриті шаром матеріалу, який змінює провідність в залежності від вологості, та восьми бітного мікроконтролера.

Температуру вимірює термістор. Термістор - це змінний резистор, який змінює свій опір зі зміною температури. Їх виготовляють шляхом спікання напівпровідникових матеріалів (кераміка або полімери), для великих змін опору при невеликих змінах температури що дозволяє визначати температуру навколишнього середовища (рис.2.11). Мікроконтролер призначений для аналогово-цифрового перетворення сигналів та виведення показників в цифровому форматі. На рисунку 2.10 зображений пристрій DHT11 та схему підключення [29].

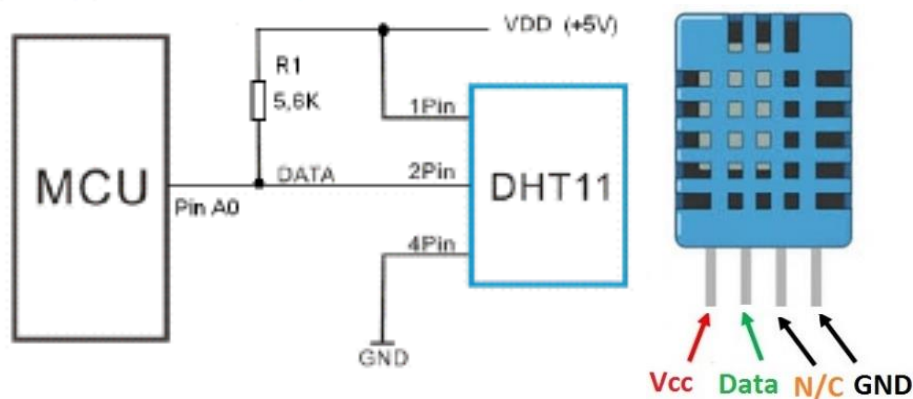


Рисунок 2.10 - Датчик температури і вологості DHT11

DHT11 складається з чотирьох штифтів [29]:

- 1) VCC - штифт по якому подається напруга живлення (від 3В до 5В);
- 2) Data - штифт для отримання значення температури та вологості за протоколом послідовної передачі;
- 3) N/C - не підключений;
- 4) GND - штифт використовується для заземлення.

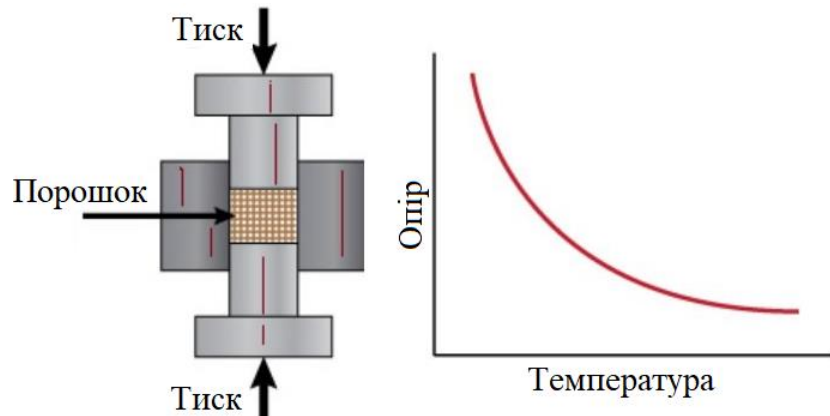


Рисунок 2.11 - DHT11 вимірювання температури

Для вимірювання вологості використовується компонент, який складається з двох електродів та підкладки. При зміні вологості в навколишньому середовищі, змінюється провідність підкладки або опір між електродами, саме ця зміна опору визначає вологість середовища.

Основні характеристики датчика DHT11 занесені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 Характеристики датчика DHT11[29]

Діапазон вимірювання температури	від 0°C до 50°C
Живлення	від 3,5 до 5,5 В
Максимальна похибка	±1°C
Діапазон вимірювання вологості	20-90%
Максимальна похибка	±15%
Час зчитування показань	1с.

Час зчитування показників 1 с. є більш ніж достатнім, так як, температура в приміщенні не може змінюватися миттєво.

Характеристики DHT11 повністю відповідають вимогам датчика вимірювання температури та вологості в приміщенні, але на вулиці їх використовувати не можна, тому що, вони не пристосовані для низьких температур [29].

Данні з датчику можливо передавати по сигнальному дроту на відстань до 20 м.

Зовні DHT22 (рис.2.12) дуже схожий DHT11, але він трохи більший за габаритами та значно відрізняється по технічним характеристикам. DHT22 може функціонувати при температурах до  $-40^{\circ}\text{C}$  та вимірювати вологість від 0 до 99,9% [30].

Підключення та спосіб передачі даних датчиків DHT22 та DHT11 однакові. Для вимірювання вологості застосовується компонент, що має два електроди з вологоутримуючою підкладкою між ними. При вимірюванні змінюється або провідність підкладки, або опір між електродами. Ці зміни обробляються мікросхемою, що готує їх для мікроконтролера.

Датчик DHT22 можна використовувати для моніторингу кліматичних показників, як в приміщенні так і на території біля будинку, але мінімальний час між показниками більший в два рази, що робить реакцію керування системою мікроклімату на вимірювання кліматичних показників повільнішою, тому краще застосовувати обидва датчики одночасно [30].

Додатково можна застосовувати модулі, які дозволяють оптимізувати їх підключення до загальної схеми «розумного будинку».

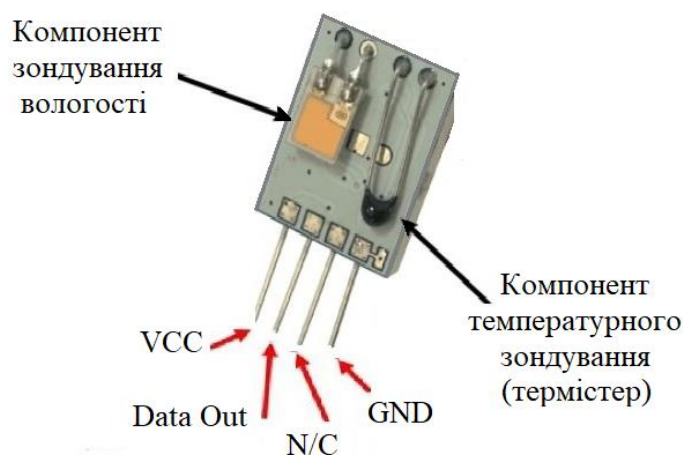


Рисунок 2.12 – Датчик температури і вологості DHT22 [30]

Температурний діапазон датчику в межах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , з точністю  $\pm 0,5$ .

Датчик можна використовувати в різних метеостанціях для вимірювання температури та співвідношення вологості в повітрі, а також в якості пристрою моніторингу навколишнього середовища. Основні характеристики датчика DHT22 занесені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 Характеристики датчика DHT22 [30]

Напруга	від 3,5 до 5,5 В.
Струм	від 0,3 В до 5,5
Протокол	послідовна передача даних
Робоча температура	від $-40^{\circ}\text{C}$ до $80^{\circ}\text{C}$
Діапазон вимірювання вологості	від 0% до 100%
Точність	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ та $\pm 1\%$
Частота дискретизації	0,5 Гц кожні дві секунди

## 2.2.2 Контроль енергоефективності пристроїв освітлення

Система освітлення будинку є однією з найважливіших елементів при побудові «розумного будинку». Сегмент системи автоматизації «розумне світло» дозволяє налаштовувати внутрішнє та зовнішнє освітлення за допомогою димерів, «розумних ламп», що працюють разом з датчиками вимірювання освітленості та присутності живого об'єкту, під певних користувачів та окремі випадки [31].

Наприклад, якщо вночі з'явилося бажання поїсти, в процесі руху до холодильника, включаються лише ті джерела світла, які розташовані від спальні до кухні. Або якщо власника немає вдома, автоматично вмикається слабе підсвічування основних елементів будівлі при настанні темряви, яку відстежує датчик освітлення. А коли господар відчиняє хвіртку або ворота за допомогою спеціальної брелоки, вмикається освітлення доріжок та будинку.

Також може бути ввімкнений режим «Свято» - коли працює все вилічне освітлення [32].

Якщо людина покинула будинок на тривалий термін, можна запрограмувати світло в домі, так, щоб воно вмикалося в різних кімнатах у випадковому порядку, для ефекту присутності, це може зупинити спробу крадіїв потрапити до помешкання.

Існує багато функцій контролю освітлення, розглянемо деякі з них.

**Програмування освітлення** має широкий діапазон налаштувань [32]:

- ефект присутності ( випадкова зміна освітлення в кімнатах);
- ранкове освітлення, яке вмикається автоматично в певний проміжок часу;
- контроль освітлення із зміною доби;
- вуличне освітлення ( підсвічування дверей, воріт; освітлення зелених зон, окремих елементів та самого будинку).

При бажанні, можна навіть скласти програму освітлення на рік вперед.

**Віддалене керування** є незамінним помічником для людей, що погано себе почувають, людей з фізичними вадами та звичайних користувачів.

Дистанційне керування може здійснюватися, як вдома, сидячи на дивані так і з автомобіля, будучи ще в дорозі або знаходячись у відрядженні. Натискання кнопок на смартфоні або планшеті, може освітити під'їзну дорогу для автомобіля, ввімкнути світло в гаражі та деяких кімнатах, перш ніж людина вийде з машини.

Основні завдання системи «розумне освітлення» [32]:

- 1) економія електроенергії;
- 2) підтримка постійного (запрограмованого) рівня освітленості;
- 3) взаємодія та контроль всіх процесів системи освітлення (освітлення в приміщенні та на прилеглий території об'єднані в єдину систему);
- 4) взаємодія з загальною системою «розумний будинок»;
- 5) автоматичне керування за заданими параметрами;
- 6) імітація присутності господаря;
- 7) увімкнення освітлення на повну потужність для пробудження;



- 8) затемнення кімнати при перегляді телевізору;
- 9) світлове сповіщення про важливі події;
- 10) керування природнім освітленням за допомогою жалюзі, штор;
- 11) віддалене або голосове керування системою.

Використовуючи автоматизовану систему «розумне освітлення», можна замінити вимикачі на DDP панелі.

Для побудови системи керування освітленням достатньо одного керуючого та одного виконуючого елементу. Зазвичай виконуючий елемент має три складові: реле, димери, DMX- контролери.

Один з прикладів побудови системи «розумне освітлення» приведено на рисунку 2.14 [34].

В даній схемі параметри регулювання освітленням задаються через DDP панель, а регулювання яскравості світла здійснюється за допомогою димерів.

Димер (рис.2.13) - це електричний пристрій, за допомогою якого можна змінювати електричну потужність (керувати освітлювальним навантаженням). Коли на лампу подається напруга, димер змінює її рівень, тим самим регулюючи яскравість освітлення.

Випадки використання димерів [31]:

- для зниження потоку освітлення перед сном;
- зміна світлового освітлення приміщення при дизайнерському виконанні;
- черговий режим для зниження енергоспоживання

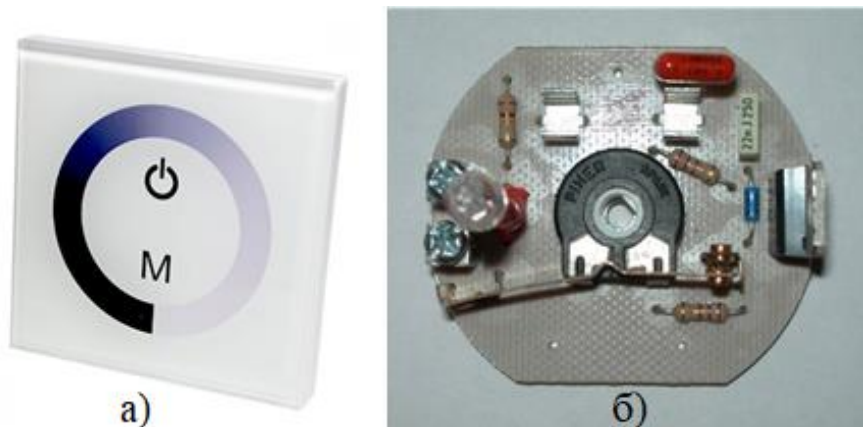


Рисунок 2.13 – Вигляд димеру: а) зовнішній; б) внутрішній

Всі електронні димери мають ключ (перемикач), який керується напівпровідниковими транзисторними або тиристорними приладами.

Електричний струм має синусоїдальну форму. Для зменшення яскравості світла, на лампу треба подати обрізану синусоїду, яку двохнаправлений тиристор відсікає у синусоїдальній хвилі змінного струму, за рахунок чого зменшується напруга, що живить лампу.



Рисунок 2.14 - Схема керування освітленням в розумному будинку

Димерами можна регулювати лише галогенні лампи та лампи розжарення, а для люмінесцентних ламп, використовується тільки звичайне ввімкнення вимкнення через реле[34].

Також є можливість керування освітленням кнопками. При натисканні, сухий контакт замикається і на модуль сухих контактів поступає відповідний сигнал, на який програмують різноманітні реакції – ввімкнення та вимкнення світильника чи групи світильників [33].

Також існують локальні системи керування, з використанням датчиків руху, присутності і освітленості (рис.2.15), які мають всі необхідні пристрої в одному корпусі для автоматичного керування освітленням за вказаними параметрами.

**Локальна системи керування освітленням**, поділяється на два типи:

- 1) перемикання поточної освітленості з присутністю користувача;

2) димерування освітлення з підтримкою постійної яскравості освітлення на робочих місцях та орієнтуюче освітлення без присутності користувачів.

Для керування можна використовувати простий кнопковий вимикач для ручного керування освітленням.



Рисунок 2.15 - Датчики для локальної системи керування

Коли датчики можуть керувати освітленням та іншими навантаженнями, їх ввімкнення та вимикання не повинні залежати від освітленості.

Локальні системи, не можуть в повному обсязі інтегруватися в загальну систему керування будинку, тому існують шинні системи керування освітленням, що працюють на різних протоколах та інтегруються в системи верхнього рівня за допомогою спеціальних шлюзів [34].

**Шинна системи керування освітленням** значно розширює можливості роботи системи і об'єднує всі процеси в єдину систему автоматизації (BMS).

Логічний сценарій системи [35]:

- 1) створення календаря подій (прихід, вихід людина з приміщення, освітленість - якою була і якою стала та інше);
- 2) терміни експлуатації ламп;
- 3) дистанційне керування з планшету, смартфона;

Найнеобхідніше обладнання для шинної системи керування перераховано на рисунку 2.16

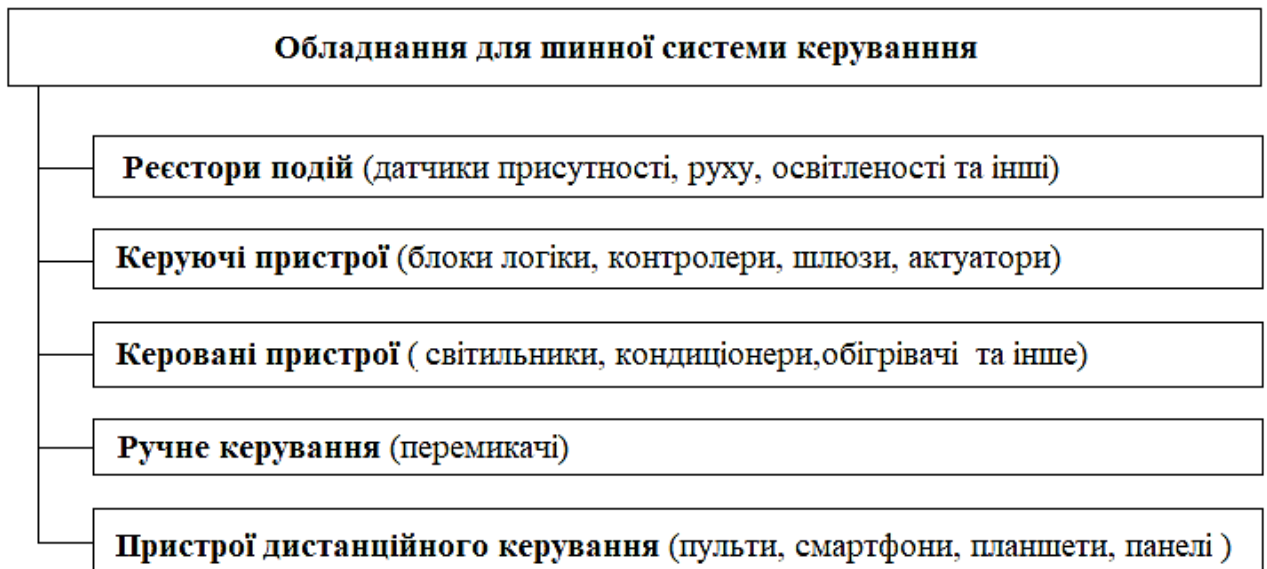


Рисунок 2.16 – Обладнання для шинної системи керування

**Системи керування з простим вмиканням.** Датчик освітлення працює наступним чином: коли людина заходить в приміщення, датчик її фіксує і вимірює освітленість, далі він повторює вимірювання при кожному русі в кімнаті. Зазвичай вранці природного світла недостатньо і датчик включає штучне освітлення. Протягом дня збільшується кількість природного світла і коли його стає достатньо, датчик відключає лампи. Ввечері природного освітлення знову стає недостатньо, і датчик знову вмикає його. Коли людина виходить з кімнати і датчик перестає її фіксувати, після тимчасової затримки вимикається штучне освітлення [35].

Влітку, при достатньому освітленні, штучне світло може не вмикатися, тим самим значно заощаджувати електроенергію.

Розглянемо деякі датчики руху та освітлення.

Датчик освітленості BH1750 (рис.2.17) часто використовується в сучасній електроніці, його перевагою є використання цифрового інтерфейсу та можливість працювати з мікроконтролером I2C. Цей датчик відмінно підходить для контролювання рівня освітленості в кімнаті. Чутливим елементом датчика є фотодіод, який сприймає світло і перетворює його в електричний сигнал.

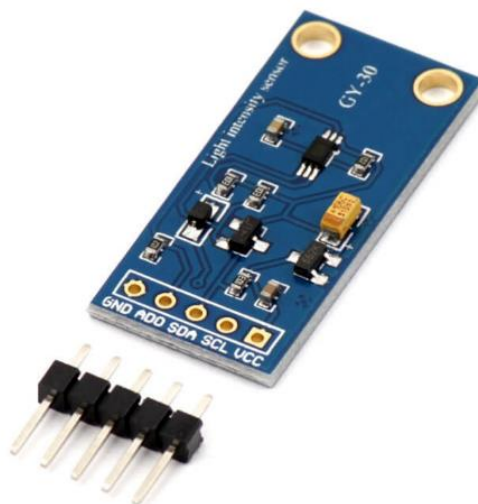


Рисунок 2.17 - Датчик освітленості BH1750

Основні характеристики BH1750 приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики датчика BH1750

Чутливість	від 1 до 65535 Лк
Напруга живлення	2,4-3,6 В
Струмospоживання	120 мкА
Струмospоживання в режимі очікування	0,01 мкА
Вимірювана довжина хвилі	560 нм
Точність (високе розширення)	1 Лк
Точність (низьке розширення)	4 Лк
АЦП	16 біт

Разом з датчиком BH1750 для керування освітлення, його автоматичного увімкнення застосовується інфрачервоний модуль IMD-B101-01 (рис.2.18). Модуль складається з високочутливого піроелектричного елементу, схеми підсилення та обробки сигналу, що знаходяться в герметичному металічному корпусі, який захищено від зовнішніх шумів, перепадів температури та вологості. Модуль містить підсилювач і формувач імпульсів, придатний для подачі на входи стандартних логічних елементів. Прилад забезпечено спеціальною оптикою, для збільшення діапазону чутливості - лінзою Френеля (IMD-FL01W/G). Зазвичай вони застосовуються при побудові охоронної системи [36].

Основними перевагами модуля є: велика зона чутливості, невеликий розмір, мале споживання енергії, висока зносостійкість та низька ціна.

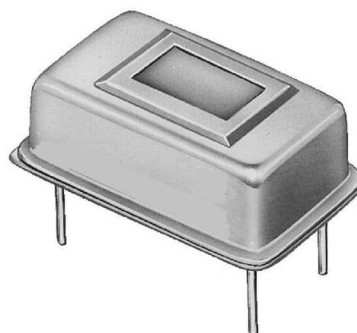


Рисунок 2.18 - Інфрачервоний модуль IMD-B101-01

Інфрачервоний модуль відмінно підходить для випадків, в яких необхідно визначити присутність або відсутності людини в кімнаті.

Таблиця 2.5 - Основні характеристики модулів IMD-B101-01

Напруга живлення	2,6-5,5 В
Струмоспоживання в режимі очікування	30-60 мкА
Струмоспоживання	50-120 мкА
Вихідний струм	1 мА
Дальність виявлення об'єкта (без лінзи)	1м
Дальність виявлення об'єкта з лінзою Френеля	5 м
Смуга пропускання оптичного фільтра	5-14 мкм
Робоча температура	від -10°C до + 50°C

Існує кілька модифікацій модулів для використання в додатках:

- 1) IMD-B101-01 - модуль з цифровим та аналоговим виходами;
- 2) IMD-B102-01 – модуль з цифровим виходом та датчиком яскравості на вході (фоторезистор).

Функціональна схема модулів зображена на рисунку 2.20.

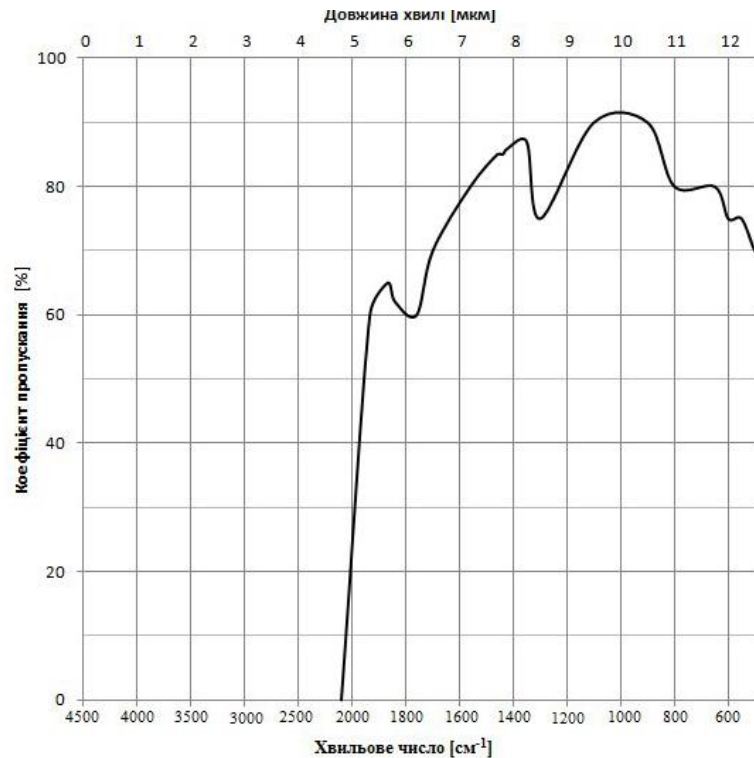


Рисунок 2.19 – Спектральна характеристика оптичного фільтра

Коли теплостійкий об’єкт (людина або тварина) проходить повз зону чутливості першого сенсора, на модулі інфрачервоного датчика генерується два значення випромінювання, а коли людина проходить зону чутливості першого датчику значення вирівнюються [35].

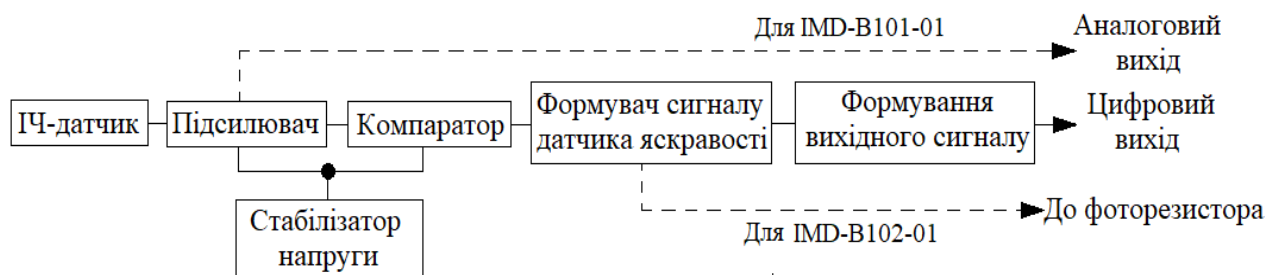


Рисунок 2.20 - Функціональна схема

В системах безпеки датчики дозволяють відстежувати місцезнаходження сторонніх осіб в помешканні, а при використанні цих датчиків в системах освітлення, вони вмикають світло лише в областях будинку, де воно є необхідним. Оновлені датчики оснащені механізмом, що дозволяє налаштовувати чутливість, для виключення помилкових спрацьовувань, наприклад при наявності в будинку домашніх тварин.

Інфрачервоні датчики присутності, на відміну від інфрачервоних датчиків руху, фіксують навіть дуже дрібні рухи, що відбуваються в межах робочої зони датчика [37].

Найпростіший інфрачервоний датчик руху може керувати, наприклад, системою освітлення, тримаючи її включеною, поки відбувається рух в його зоні дії, в той же час, датчик присутності може бути забезпечений більш складною системою контролю освітленості незалежно від руху, просто включаючи світло, коли стає темно в силу наближення сутінків за вікном.

Датчик присутності може керувати різними пристроями, будь то система освітлення, вентиляції, кондиціонування, ароматизації повітря, і навіть сушка для продуктів [36].

Незалежно від типу пристрою, вихідні сигнали, які отримує датчик присутності для включення світла, в залежності від необхідності надходять прямо на контролер, який видає сигнали керування на контрольний пункт: сигналізацію, реле для включення світла, вентиляційну систему, систему кондиціонування приміщення.

Види датчиків руху в залежності від основного сенсорного елемента:

- 1) інфрачервоні датчик для включення світла;
- 2) ультразвукові датчик ;
- 3) мікрохвильові датчики;
- 4) комбіновані.

Крім того, існує датчик звуку для включення світла. Кожен з них встановлюється в певному місці і найбільш добре виконує свої функції при правильній, раціональній установці.

Основні завдання інфрачервоних датчиків [37]:

- 1) економія електроенергії (світло горить лише коли воно потрібно);
- 2) ефект присутності

Переваги:

- 1) підвищена точність;
- 2) широкий температурний діапазон використання;



3) нешкідливий для домашніх тварин.

Недоліки:

- 1) зайва чутливість до побутових приладів (батареї, кондиționери);
- 2) реакція на сонячне світло;
- 3) відсутність фіксації об'єктів, покритих матеріалами, що не пропускають випромінювання.

Краще для вмикання світла дома або в квартирі використовувати інфрачервоні датчики руху, від надійного виробника, вони є безпечними, а при правильному розташуванні не мають помилкових спрацьовувань.

### **2.2.3 Вибір датчиків шуму**

Існують моменти, коли людина, навіть не помічаючи піддається великій кількості небезпечних впливів від навколишнього світу, що з часом стає звичайною справою. Однак ступінь шкідливості навколишнього шуму не стає меншою, від того наскільки часто ми його чуємо та на скільки ми до нього звикли.

Прилад для точного вимірювання рівня гучності звуку (сили шуму) називається шумомір. Він складається з вимірювального мікрофона, підсилювача, фільтрів для коригування, детектора та цифрового індикатора.

Сучасні електронні вимірювачі шуму дозволяють в деякій мірі імітувати роботу приладу аналогічно вуху людини, саме для цього існує набір фільтрів, що поділяються на такі категорії:

- 1) А - звичайний, слабкий рівень шуму;
- 2) В - сильний рівень шуму;
- 3) С - тільки піки шумових впливів;
- 4) D - шум на рівні роботи авіаційного двигуна.

Вимірювач шуму, можна застосовувати не лише для вимірювання шуму в навколишньому середовищі, але і для систем охорони будинку. Якщо під час несанкціонованого проникнення в будинок, злодій відключить всі системи відеоспостереження або одягне спеціальний одяг, в якому камера його не

помітити, датчик шуму може виявити його кроки, або рухи і подати сигнал на центральний комп'ютер, який повідомить охоронні органи про проникнення в оселю сторонньої людини.

Прилад має конструкцію, що складається з кількох блоків: акустичного датчика (мікрофона) і вимірювального блоку. Електричний струм з мікрофона фіксується вольтметром, показники струму відображаються на індикаторі блоці, відображення інформації в буквено-цифровому вигляді.

Розглянемо декілька аналізаторів шуму.

Аналізатор спектра АССИСТЕНТ СИУ- це вимірювач шуму 1-го класу точності, який призначений для вимірювань середніх (еквівалентних), експотенціально усереднених і пікових рівнів звуку, інфразвуку і ультразвуку; рівнів звукового тиску (УЗД); рівнів віброприскорення загальної та локальної вібрації і рівнів віброприскорення в октавних і третьоктавних смугах частот в діапазонах загальної та локальної вібрації [38].

Аналізатор виглядає, як малогабаритний прилад з автономним живленням від акумуляторів. Він складається з вимірювального блоку, зовнішнього підсилювача, конденсаторних мікрофонів, віброперетворювача АР38 або АР40.

Принцип роботи полягає в перетворенні звукового тиску за допомогою конденсаторних мікрофонів (або прискорення за допомогою віброперетворювача) в електричний сигнал, який обробляється мікропроцесором. Вся інформація про режим роботи приладу та процес вимірювання відображається на дисплеї. В пам'ять аналізатора записується інформація та результати вимірювань [38].

Зовнішній вигляд аналізатора зображено на рис.2.21 [38].



Рисунок 2.21 - Аналізатор АССИСТЕНТ SIU

Технічні характеристики аналізаторів наведені в таблиці 2.6 [38].

Таблиця 2.6. Технічні характеристики аналізатора АССИСТЕНТ SIU

Діапазон вимірювань рівнів звуку	від 20 до 150
Абсолютна похибка вимірювань рівня звуку	$\pm 0,7$ дБ
Частотний діапазон вимірювань	від 2 до 40000 Гц
Кількість каналів вимірювання	3
Частотний діапазон виміру віброприскорення	від 0,8 до 1250 Гц
Температура навколишнього повітря	-10°C...+50°C
Відносна вологість повітря (при t 40 °C)	не більше 90%
Атмосферний тиск	від 90 до 110 кПа

Портативний інтегруючий вимірювач рівня звуку GM1351 (рис.2.22) вимірює рівень шуму за двом шкалами А і С, вбудований конденсаторний мікрофон забезпечує діапазон вимірювання звуку в межах від 30 до 130 дБ.

Прилад може вимірювати рівень шуму в виробничому приміщенні, житловому будинку, на вулиці та в інших місцях .

Показники на дисплеї:

- чотири великі цифри - рівень шуму;
- над ними указані одиниці вимірювання - децибели;
- зверху значок «MAX» (стає активним при натисканні кнопки);
- зверху в лівому кутку - показник зарядженості елемента живлення.



Рисунок 2.22 - Вимірювач рівня шуму GM1351

Чутливий елемент вимірювача шуму покритий м'якою накладкою, яка перешкоджає забруднень і здатна захистити його від несильних механічних пошкоджень.

Таблиця 2.7 Технічні характеристики вимірювача рівня шуму GM1351

Діапазон вимірювань	від 30 до 130 дБ;
Вимірювання з точністю	до 0,1 дБ
Частота звукових хвиль	від 31,5 до 8,5 кГц
Температура навколишнього повітря, °C	від 0°C до 40°C
Відносна вологість повітря	від 10 до 80 %

### 2.3 Гібридність інтелектуальних систем

Гібридні інтелектуальні системи – це системи, які при вирішенні окремих задач використовують одночасно декілька методів штучного інтелекту (рис.2.23).

Багатокомпонентні інтелектуальні системи інтегрують в собі різноманітні засоби штучного інтелекту в єдину обчислювальну модель. Точність та правильність роботи цієї системи залежить від правильності роботи усіх шарів, прошення працездатності одного з шарів може поширитися на інші, що призведе погіршень роботи усієї системи. Необхідність формалізації різноманітних даних і знань та вирішення поставлених задач сприяє створенню багатокомпонентних інтелектуальних систем, які взаємодіють між собою [39].

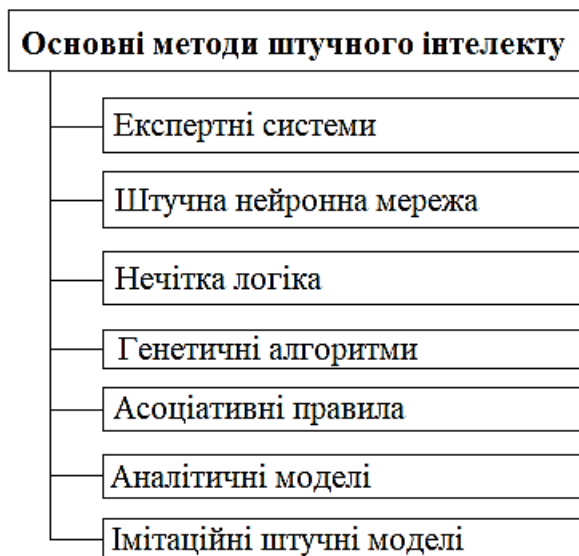


Рисунок 2.23 - Методи штучного інтелекту

Гібридні інтелектуальні системи дозволяють використовувати переваги традиційних засобів штучного інтелекту, долаючи деякі їх недоліки і дозволяючи вирішувати задачі, які не вирішуються окремими методами штучного інтелекту. На початку, гібридний підхід передбачував використання комбінацій експертних систем та нейронних зав'язків, однак з часом з'явилися нові підходи та методи.

### 2.3.1 Класифікація гібридних інтелектуальних систем

Гібридні інтелектуальні системи можна класифікувати в залежності від архітектури (рис.2.24) [39].

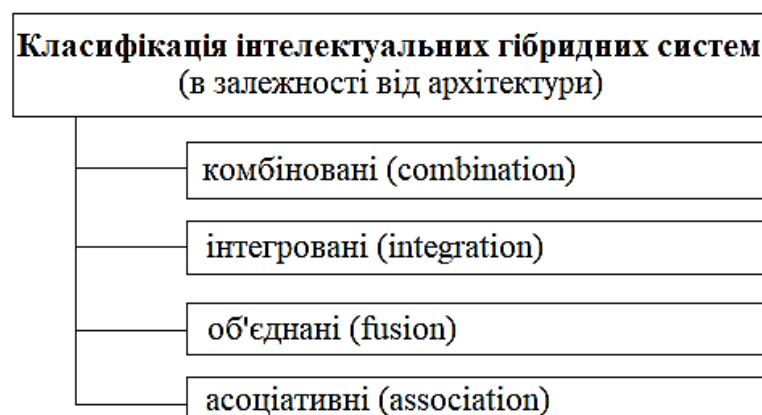


Рисунок 2.24 - Класифікація інтелектуальних гібридних систем

Також існує, ще один тип гібридної інтелектуальної системи, який можна назвати **розподіленою** (distributed) – система, яка може зберігати інформацію в розподілених базах, яка доступних через глобальну мережу Internet. Архітектура гібридної інформаційної системи розподіленого типу зображено на рисунку 2.25 [39].

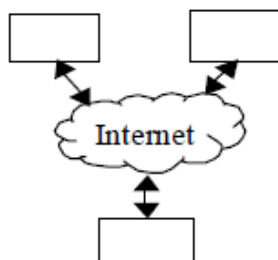


Рисунок 2.25 - Архітектура гібридної ІС розподіленого типу

На рисунку 2.26 зображені типи архітектур гібридних інформаційних систем.

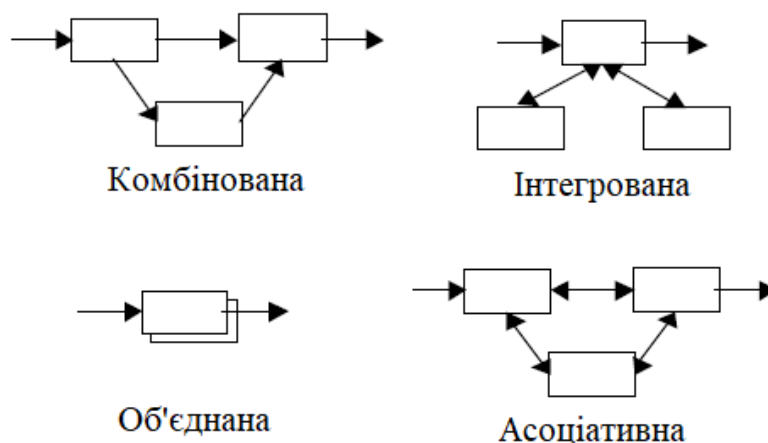


Рисунок 2.26 - Типи архітектури гібридної інформаційної системи

**Комбіновані** - гібридні експертні системи, інтеграція експертних і нейронних мереж, що з'єднують, як формалізуємі так і неформалізуємі (в експертних та нейронних мережах).

Приклади системи: експертна система адаптивного навчання, гібридна експертна система для медичної діагностики та анестезіології, що складається з нейронної мережі, нечіткої експертної системи, модуль прийняття та пояснення рішень.

Нейронна мережа сприяє швидкому навчанню, в той час як експертна система дозволяє виконати інтерпретацію нечітких даних і пояснити отримане рішення.

Нечітка експертна система побудована на основі знань, які впроваджені в навчальну нейронну мережу, розв'язок отриманий системою, легкий для розуміння, оскільки правила в форматі використовують природну мову. Вхідні дані потрапляють через експертну та нейронну мережі, а вихідні потрапляють на вхід модуля, що знаходить та пояснює відповідь на питання.

В **інтегрованих** гібридних системах займає важливе місце модуль-інтегратор, який в залежності від цілей та певних умов вирішення завдання, обирає для функціонування інтелектуальні модулі, що входять в систему та об'єднують відгуки задіяних модулів [39].

Приклад системи: система для створення траєкторії руху роботів.

Система є інтегруючим модулем, що пов'язаний з іншими компонентами гібридної системи. Допоміжні підсистеми ( бази даних, геоінформаційні системи) є ланками, що пов'язують експертну систему з зовнішніми базами даних та геоінформаційними системами.

Функціонування системи засновано на використанні алгоритмів з використанням індукційного дерева (генерує правила на основі зразків наборів даних), існуючі правила пропонує експерт. Структура дерева є практично ідеальною, тому, кількість запитів є мінімальною.

Інтелектуальна система для створення плану рухів роботів включає в себе орієнтовану на об'єкт базу знань для моделювання навколишнього середовища та адаптивний алгоритм планування рухів. Система складається з чотирьох модулів: планувальника, помічників, виконавців руху та керуючого центру. В системі використовується спрощена схема нечіткого виводу для визначення дистанції до перешкоди та ширини шляху.

Характерною особливістю **об'єднаних** гібридних інтелектуальних систем є нейронні мережі та генетичні алгоритми, що здатні до навчання та адаптації за допомогою оптимізації. Поєднання цих методів з іншими

методами штучного інтелекту дозволяють збільшувати ефективність їх здібностей до навчання.

Приклад: гібридна експертна система для виявлення несправностей в енергетичних системах

Система для визначення несправностей в енергетичних системах складається з модулів входу та виходу. Вихідний модуль призначений для оцінки місцезнаходження та типу несправностей за допомогою штучної нейронної мережі (багатошаровості персиптрону). В даній системі застосовуються модулі, засновані на використанні штучного інтелекту нейронних мереж, відрізняються від традиційних використанням вхідної умови (передумови), коли вихідний вектор подається на вхід умовного модуля. Вихідний сигнал умовного модуля подається на вхід нейронної.

Система використовує два методи:

- 1) швидке перетворення Фур'є для вимірювання відхилень струму;
- 2) детерміновану нелінійну кластеризацію для результатів, отриманих перетворенням Фур'є.

**Асоціативні** гібридні інтелектуальні системи, передбачають, що інтелектуальні модулі, можуть працювати як самостійно, так і разом з іншими модулями. Системи цього типу, на даний момент, є недостатньо надійними та не мають великого поширення.

**Розподілені** гібридні інтелектуальні системи мають мультиагентний підхід в області розподіленого штучного інтелекту. В даному підході кожен функціональний інтелектуальний модуль працює самостійно та взаємодіє з іншими модулями шляхом передачі повідомлення через мережу [39].

В процесі перетворення інтелектуальні модулі можуть бути доповнені керуючими і комунікативними знаннями, необхідними для їх об'єднання в мультиагентну інтелектуальну розподілену систему.

Приклад: система навчання вчителів новим технологіям.

Інтелектуальна навчальна система заснована на експертній системі, спрямованої на управління процесом навчання. Експертна система



використовує формалізм гібридного подання знань, названого нейроправилами.

Компоненти системи: домен знань (складається з: понять, знань, курсових блоків), моделі користувача, педагогічна модель, машина логічного висновку, інтерфейс. Курсові блоки містять матеріал у вигляді Web-сторінок. Моделі користувачів використовуються для запису інформації, пов'язаної з користувачем, оновлюються в процесі навчання.

Формат подання знань в експертній системі заснований на нейроправилах, гібридних правилах, інтегруючих символічні правила з нейрообчислюваннями. Нейроправила створюються на основі емпіричних даних (навчальних шаблонів) або на основі символічних правил. Кожне нейроправило індивідуально вивчається за допомогою спеціального алгоритму [39].

### **2.3.2. Порівняння дротової і бездротової технологій**

Технології, що застосовуються в системі «розумний будинок» по засобу передачі сигналу поділяються на дротові та бездротові

Дротова мережа дозволяє повністю автоматизувати керування оселею - освітленням, опаленням, клімат-контролем (кондиціонування, вентиляція, зволоження), системами охорони і безпеки, клімат контроль та поливання квітів в саду, мультимедіа.

Можливості бездротової технології нажаль сильно обмежені, зазвичай вона може керувати тільки освітленням, опаленням і шторами.

На сьогоднішній день **провідна технологія** є надійною і швидкісною та має практично необмежені можливості по розширенню системи і захищеність мережі, також вона не залежить від роботи автономних джерел живлення, тому що не використовує їх. Провідна система відслідковує статуси всіх пристроїв, адже всі пристрої в системі взаємодіють один з одним в режимі онлайн, і цей зв'язок не залежить не від джерела живлення, не від відстані між ними.

Головними недоліками провідної технології є необхідність прокладення кабельної мережі та збільшення кількості кабелів в системі, але для великих і складних об'єктів альтернативи просто не існує. Монтаж системи на цих об'єктах займає багато часу, або взагалі неможливий.

Перевагами провідної системи є: гнучкість переналаштовування, нарощуванням функціонала і відсутність необхідності її подальшого обслуговування, а також висока надійність.

У бездротовому «розумному будинку», як правило, використовуються такі **протоколи бездротового зв'язку**: Z-Wave і ZigBee , Insteon.

**Z-Wave** – бездротовий протокол зв'язку систем автоматизації будинку, розроблений для дистанційного керування [40].

На відміну від стандартів передачі даних IEEE 802.11, що працюють на частоті 2.4 ГГц (ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth), Z-Wave працює в діапазоні частот до 1 ГГц, що обумовлено малою кількістю джерел перешкод. Також використання частот низького діапазону дозволяє заощаджувати енергію. Радіохвилі, на яких працюють прилади протоколу Z-Wave, малопотужні і безпечні для здоров'я, що теж є дуже важливим фактором.

Особливість Z-Wave в тому, що пристрої є повністю автономними і незалежними один від одного. Z-Wave має комірчасту мережу (Mesh Network) - кожен пристрій, дозволяє отримувати та передавати інформацію, з'єднуючись з іншим пристроєм через бездротову мережу на радіочастотах.

Головним компонентом системи є центральний контролер, що керує іншими пристроями через мережу, в якій ці елементи обмінюються інформацією, саме це гарантує безперебійну роботу автоматизованої системи, навіть, якщо виходить з ладу один з пристроїв. Також контролер зберігає мережу маршрутів, по яких передаються дані між пристроями в мережі і при ініціалізації нових пристроїв він запам'ятовує їх розташування. В протоколі передбачено двосторонній зв'язок між елементами (коли один прилад передає іншому інформацію, другий повинен послати сигнал про її отриманні) [40].

Z-Wave використовує власну мову кодування, унікальну для кожної окремої системи, тому ніхто сторонній не зможе «підпорядкувати» прилади іншому контролеру або ваш контролер - своєму смартфону [40].

В основі протоколу Z-Wave лежить коміркова мережа, в якій кожен вузол або пристрій може приймати і передавати сигнали інших пристроїв мережі, використовуючи проміжні сусідні вузли (рис. 2.27).

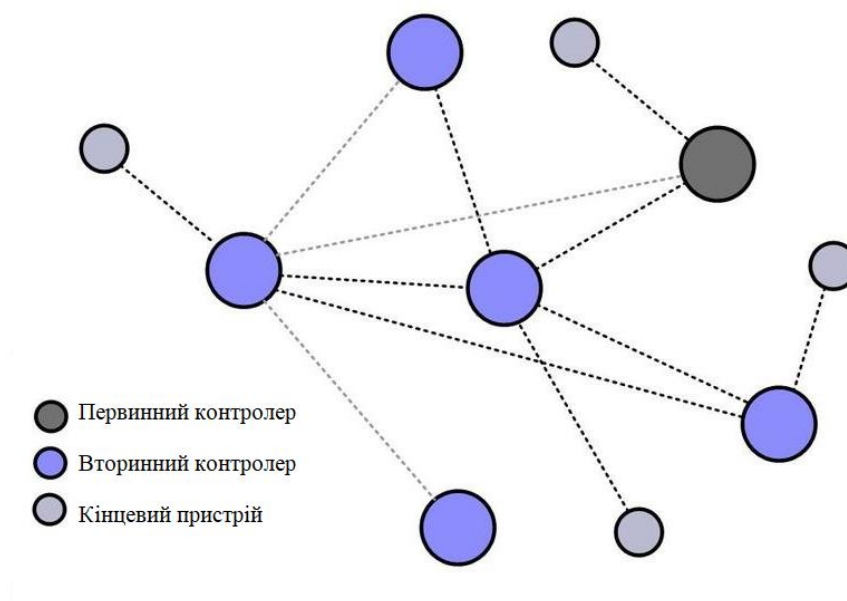


Рисунок 2.27 – Вузли мережі протоколу Z-Wave для передачі інформації

При виникненні перешкоди між двома найближчими вузлами мережі сигнал піде через інші вузли мережі, що знаходяться в радіусі дії. Всього в мережі може бути до 232 вузлів.

Z-Wave має функцію підтвердження доставки даних - при отриманні пакету даних воно висилає на контролер команду-підтвердження, якщо команда не приходить то пакет даних відправляється ще раз.

Контролери поділяються на: статичні (центральний контролер) і портативні (пульт дистанційного керування). Центральний контролер - пристрій, підключений до мережі електроживлення, який має незмінну адресу в мережі (передає та отримує команди). Пульт дистанційного керування не має постійної адреси в мережі (може тільки відправити команди).

Переваги протоколу Z-Wave:

- 1) шифрування для запобігання клонування та злому мережі;
- 2) сумісність з пристроями від різних виробників (в Z-Wave Alliance);
- 3) легке масштабування та розширення новими пристроями.

Недоліки протоколу Z-Wave :

- 1) не може передавати звук та графічні зображення (швидкості 100 кбіт/с);
- 2) обмежений радіус дії (використання повторювачів кабелів).

**ZigBee** протокол верхнього рівня, що базується на бездротовому стандарті IEEE 802.15.4.

Протокол ZigBee використовуються [41]:

- 1) для домашньої автоматизації (освітлення, температурний контроль, охорона та безпека, медіа, датчики води, енергії, задимлення);
- 2) в промисловому контролі (контроль процесів, промислових пристроїв);
- 3) во вбудованих датчиках;
- 4) сповіщенні про вторгнення або задимлення;
- 5) будівництві (моніторинг енергії, освітлення, контроль доступу).

Нажаль цей стандарт не забезпечує сумісність обладнання, виготовленого різними виробниками, що входять до альянсу.

ZigBee пристрої поділяються на три категорії: координатор, маршрутизатор, кінцевий пристрій [41].

Координатор – пристрій, що запускає мережу, зберігає інформацію про неї, зберігає ключі безпеки, формує шляхи древа мережі, може зв'язуватися з іншими мережами.

Маршрутизатор - пристрій, який виконує функцію передачі даних між віддаленими один від одного пристроями в мережі.

Кінцеве пристрій - датчик або вимикач, що обмінюється інформацією з материнським вузлом (координатором, маршрутизатором), але не може передавати дані з інших пристроїв.

Топологія мережі ZigBee - комірчаста, тобто дані в мережі передаються по ланцюжку від одного пристрою (маршрутизатора) до іншого (рис.2.28) [41]:

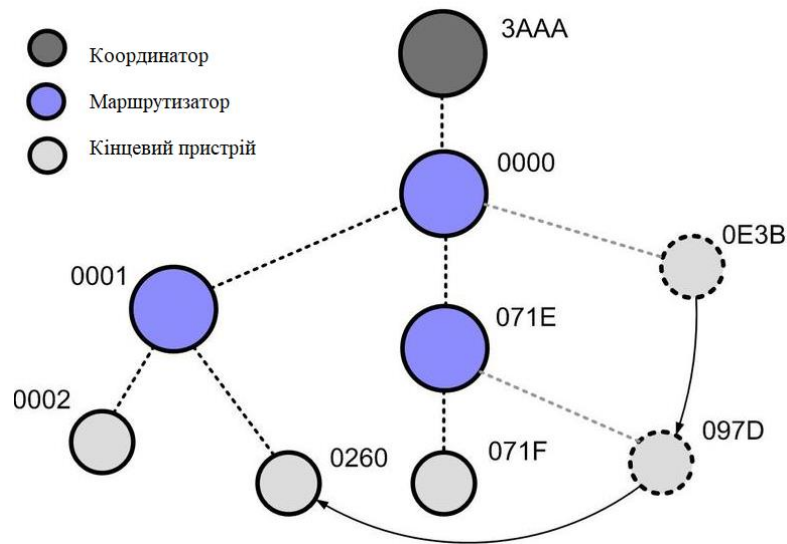


Рисунок 2.28 – Вузли мережі протоколу ZigBee для передачі інформації

На рисунку 2.28 зображено приклад підключення пристрою. Пристрій з адресом «0E3B» перепідключається як «097D», а потім як «0260». Кожен раз від приєднується до різних маршрутизаторів та отримує адресу.

При виході з ладу одного пристрою мережа продовжує функціонувати. ZigBee використовує 16-бітну адресацію, тобто один координатор може працювати з 65 536 пристроями, а якщо використовувати декілька мереж ZigBee разом, кількість пристроїв практично не обмежена.

Пристрій ZigBee може переходити від сплячого режиму до активного за 15 мс., з урахуванням того, що більшу частину часу пристрій знаходиться в сплячому режимі, батарейок вистачає на тривалий час.

Переваги протоколу ZigBee [40]:

- 1) висока надійність та швидкий відклик;
- 2) поділ системи на координатори, маршрутизатори, кінцеві пристрої;
- 3) сумісність з великою кількістю обладнання;

Недоліки протоколу ZigBee:

- 1) не забезпечує сумісність обладнання, виготовленого різними виробниками.

Якщо не зважати на цей мінус, ZigBee є одним з найоптимальніших протоколів для проектування «розумного будинку».

ZigBee, і Z-Wave підтримують комірчасту топологію мережі, проте в питаннях надійності та зручності вони все ж поступаються Insteon.

Insteon - протокол автоматизації будинку, який забезпечує передачу даних відразу по двох каналах зв'язку - дротовому і бездротовому, це практично виключає можливість втрати пакетів.

В протоколі зв'язку Insteon, кожен пристрій є одночасно і приймачем, і передавачем сигналу. Отримавши пакет з будь-якого з каналів, Insteon-пристрій автоматично дублює ці дані, пересилаючи їх всім пов'язаним з ним пристроям в зоні дії. Виходячи з цього два елемента мережі, розташовані в різних кінцях оселі, можуть без проблемно взаємодіяти, використовуючи проміжні пристрої в якості посередників. Також Insteon може функціонувати без використання центрального контролера. Використання протоколу Insteon є найпростіший варіантом збору та налаштування автоматизованої системи.

**Wi-Fi** - протокол який використовується не тільки для підключення до інтернету але і для керування системою «розумний будинок», базується на бездротовому стандарті IEEE 802.11. Основні характеристики протоколу Wi-Fi показані в таблиці 2.8 [40].

Таблиця 2.8 - Основні характеристики протоколу Wi-Fi

Швидкість передачі даних	до 54 Мбіт/ с
Радіус покриття	300 м
Робочий діапазон	2,4 ГГц
Завадостійкість	залежить від погодних умов та наявності фізичних перешкод

Цей стандарт застосовується в основному для з'єднання всієї системи з пультом або ж смартфоном, на якому встановлено керуючий додаток.

Використання **Wi-Fi**:

- 1) безпроводні рішення в помешканні;
- 2) зовнішні мережі невеликого розміру (від 100 до 300 м);
- 3) побудова бездротових мостів на далекі відстані (з використанням ретранслятору);

4) для підключення пристроїв децентралізованої мережі, з приладами, здатними працювати без підключення до центрального контролера (розетки и перемикачі, побутова техніка)

Має популярність в системах «розумний будинок», але не підходить для складних систем.

Переваги бездротових технологій [40]:

- 1) легша в установці та дешевша;
- 2) швидке розгортання мережі;
- 3) легкість налаштувань;
- 4) мобільність.

Недоліки бездротових технологій [40]:

- 1) обмеження в функціональних можливостях;
- 2) обмежений термін джерел живлення
- 3) вплив зовнішнього середовища на якість зв'язку;
- 4) залежність швидкості від навантаження мережі;
- 5) недостатня безпека мережі.

При виборі системи автоматизації домашніх процесів в першу чергу потрібно визначитися, які завдання має виконувати схема. Для простої автоматизації квартири нерационально купувати і встановлювати дротову схему. Навпаки, повноцінну систему для контролю за всіма аспектами життя не можна побудувати на простій бездротової конструкції з мінімальним набором можливостей. Також не варто вибирати обладнання лише за вартістю, треба підбирати рішення по функціоналу і характеристикам.

## **2. 4 Архітектура апаратних засобів**

Для побудови системи керування елементами «розумного будинку» існує два абсолютно різних принципи: централізація та децентралізація.

Децентралізований принцип керування (рис.2.29) «розумним будинком» полягає в незалежній роботі елементів системи. Вони можуть обмінюватись інформацією, командами, але центральний контролер при цьому відсутній.

Виходячи з цього, обчислювальні засоби окремих компонентів дуже малі. При децентралізованому принципі практично неможливо реалізувати високоінтелектуальні алгоритми керування [42].

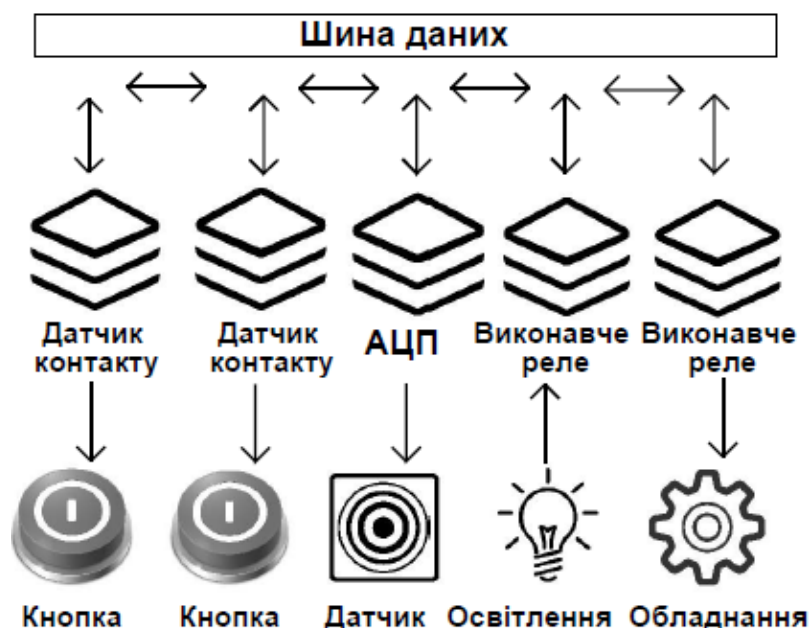


Рисунок 2.29 - Децентралізований принцип керування

Переваги децентралізованої системи [42]:

- 1) надійність (через відсутність центрального контролера, вихід з ладу одного або кількох модулів практично не впливає на роботу системи;
- 2) простота процедури додавання нового модуля на шину даних;

Недоліки децентралізованої системи:

- 1) висока вартість (відносно централізованих);
- 2) низька швидкість роботи, в наслідок проведення процедури обробки даних в модулях;
- 3) технічні складності та збільшення розмірів системи (кожен пристрій має свій контролер обробки даних).

Централізована або розподілена система (рис.2.30), кожен компонент системи знаходиться під керуванням центрального контролера або сервера (комп'ютера або мікроконтролера). Всі рішення обробляє сервер, він виносить рішення робити щось чи ні.



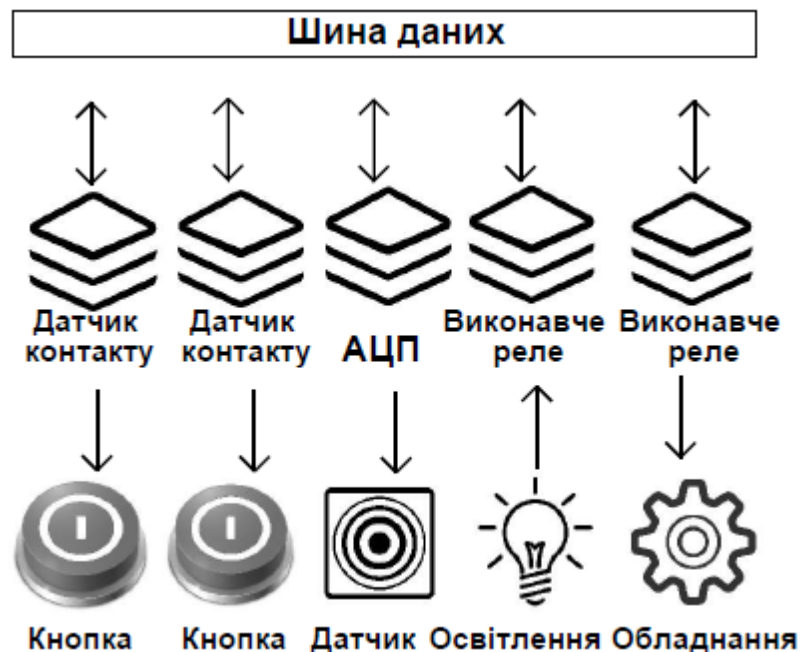


Рисунок 2.30 - Централізований принцип керування

Централізований принцип є високоперспективним, якщо брати в увагу реалізацію високоінтелектуальних алгоритмів. Потенціал системи залежить від ресурсів серверу. Крім керування системою освітлення, опалення, вентиляції, безпеки, система здатна вирішувати ресурсомісткі завдання відеоспостереження, розпізнавання мови та образів та іншого [42].

Переваги централізованої системи:

- 1) можливість побудови складних систем керування «розумного будинку»;
- 2) висока швидкість обробки інформації відносно децентралізованих систем;
- 3) компактність, простота, низька вартість модулів.

Недоліки централізованої системи:

- 1) надійність, при виході з строю сервера, вся система перестає функціонувати;

Аналізуючи сукупність переваг та недоліків обох підходів, можна зробити висновок, що використання централізованого та децентралізованого підходів, в побудові системи «розумний будинок», більш оправдано в найбільш відповідальних вузлах системи «розумний будинок». Таке дублювання використовується в системах освітлення, без використання

децентралізованої системи, при виникненні збоїв в сервері керування освітленням буде неможливим.

## **2.5 Розрахунок вібраційної стійкості та міцності електронних частин системи**

Дуже важливо в системі «розумного будинку» не допускати тимчасовий або остаточний вихід з ладу з'єднань та зміну паразитних зв'язків. Існують такі поняття, як вібраційна стійкість та вібраційна міцність.

Вібраційна стійкість – це властивість об'єкта при заданій вібрації виконувати задані функції і зберігати значення своїх параметрів в межах норми [ГОСТ 24346-80]. Вібраційна міцність – це міцність при вібрації та після припинення її дії.

Метою розрахунку є визначення діючих на елементи виробу максимальних перевантажень і переміщень.

Періодична вібрація характеризується діапазоном частот, віброприскоренням, перевантаженням.

Початкові данні:

- розміри друкованої плати:  $a = 130 \text{ мм}; b = 65 \text{ мм.}; h = 1,7 \text{ мм.}$
- матеріал ДП-текстоліт ( $\gamma = 2,05 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$ );
- $E = 2,3 \cdot 10^{10} \text{ Па};$
- $\mu = 0,21$
- $\rho = 2050 \text{ кг/м}^3$
- частотний діапазон вібрації 10-40 Гц.

Коефіцієнт перевантаження визначається, як співвідношення амплітуди віброприскорення та вібропереміщення:

$$n = \frac{a}{g} = \frac{4\pi f^2 S}{g}, \quad (2.1)$$

де  $n$  - коефіцієнт перенавантаження;  $a$  - амплітуда віброприскорення;  $S$  - вібропереміщення;  $g$  - прискорення вільного падіння ( $g = 9,80666 \text{ м/с}^2$ ).

$$n = \frac{0,13}{9,81} = 0,013.$$

Розраховуємо масу друкованої плати:

$$m_n = a \cdot b \cdot h \cdot \rho, \quad (2.2)$$

$$m_n = 0,13 \cdot 0,065 \cdot 0,0017 \cdot 2050 \cdot 1000 = 29,448 \text{ г.},$$

Розраховуємо масу елементів по формулі (2.3), де  $n_1 = 39$ ;  $n_2 = 3$ ;  $n_3 = 30$ ;  $m_1 = 3,2$ ;  $m_2 = 0,9$ ;  $m_3 = 1,9$ :

$$m_e = \sum n_i m_i = \text{резистор} + \text{мікросхеми} + \text{конденсатор}, \quad (2.3)$$

$$m_e = (39 \cdot 3,2) + (3 \cdot 0,9) + (30 \cdot 1,9) = 184,5 \text{ г.}$$

Виходячи з цього:

$$K_B = \frac{1}{1 + \frac{m_e}{m_n}}, \quad (2.4)$$

$$K_B = \frac{1}{1 + \frac{184,5}{29,448}} = 0,138$$

$$\alpha = \pi^2 \sqrt{1 + 0,43 \cdot \frac{a^2}{b^2}}, \quad (2.5)$$

$$\alpha = 3,14^2 \sqrt{1 + 0,43 \cdot \frac{0,130^2}{0,065^2}} = 16,277$$

Визначення циліндричної жорсткості друкованої плати:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad (2.6)$$

$$D = \frac{2,3 \cdot 10^{10} \cdot 0,0017^3}{12 \cdot (1 - 0,21^2)} = 9,851 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Власна частота коливань друкованої плати визначається по формулі:

$$f_c = \frac{K_B \alpha}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{Dg}{\gamma h}}, \quad (2.7)$$

де  $\gamma = 2,05 \cdot 10^3$ .

$$f_c = \frac{0,138 \cdot 16,277}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,130^2} = 111,107$$

$$f_c = 111 \text{ Гц.}$$

По формулі (2.8) визначається амплітуда коливання (прогину) друкованої плати на визначеній власній частоті з діапазоном частот, що впливають на плату, максимально близької до частоти при заданому коефіцієнті перезавантаження:

$$A = \frac{250n}{f_c^2}, \quad (2.8)$$

$$A = \frac{250 \cdot 0,013}{111^2} = 2,686 \cdot 10^{-4} \quad (2.9)$$

Коефіцієнту динамічності в діапазоні частот вібрації, близьких до власної частоти коливань, визначається по формулі (2.10):

$$K_D = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_c}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2 \varepsilon^2}}, \quad (2.10)$$

де,  $\varepsilon$  - показник загасання коливань ( $\varepsilon=0,055$ ).

$$K_D = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{30}{111}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{30}{111}\right)^2 \cdot 0,055^2}} = 1,079$$

Динамічний прогин друкованої плати при збудженні визначається по формулі:

$$S = K_D \cdot A, \quad (2.12)$$

$$S = 1,079 \cdot 2,686 \cdot 10^{-4} = 3,224 \cdot 10^{-6}.$$

Визначення рівномірно розподіленого навантаження еквівалентного прогину:

$$C_1 = 0,00406 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{a}{b}\right), \quad (2.13)$$

$$C_1 = 0,00406 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{0,130}{0,065}\right) = 0,009$$

$$P_D = \frac{SD}{C_1 \cdot b^4}, \quad (2.14)$$

$$P_D = \frac{3,224 \cdot 10^{-6} \cdot 9,851}{0,009 \cdot 0,065^4} = 187,691 \text{ Н/м}^2$$

$$P_D \approx 188 \text{ Па}$$

$$C_2 = \sum 0,00479 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{a}{b}\right), \quad (2.15)$$

$$C_2 = 0,00479 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{0,13}{0,065}\right) = 0,102$$

Максимальний розподільний згинаючий момент розраховується по формулі (2.15):

$$M_{\max} = C_2 \cdot P_D \cdot b^2, \quad (2.16)$$

$$M_{\max} = 0,102 \cdot 188 \cdot 0,065^2 = 0,081 \text{ Н}$$

Максимальне динамічне значення вигину визначається:

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot M_{\max}}{h^2 \cdot 10^6}, \quad (2.17)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot 0,081}{0,0017^2 \cdot 10^6} = 0,168 \text{ МПа}$$

Для перевірки умови вібростійкості вібростійкості:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{n_{\sigma}}, \quad (2.18)$$

$$[\sigma] = \frac{105}{1,8} = 58,33$$

$$[\sigma] \gg \sigma_{\max}, \quad (2.19)$$

$$58,33 \gg 0,168$$

де  $\sigma_{-1}$  - межа витривалості матеріалу ( $\sigma_{-1} = 105 \text{ МПа}$ );  $n_{\sigma}$  - допустимий запас міцності ( $n_{\sigma} = 1,8 \dots 2$ ).

Виходячи з розрахунків, умову вібростійкості було виконано.

## 2.6 Розрахунок енергоспоживання від батарейки

Розрахуємо режим живлення від звичайної батарейки Duracell TURBO AA в якому пристрій має працювати, щоб джерела живлення вистачило на три роки використання (стандарт ZigBee). В якості пристрою обираємо мікроконтролер, що періодично проводить опитування датчиків та повідомляє результати на блок керування.

Проведемо розрахунок. Беремо батарейку Duracell TURBO AA ємність якої складає 2,317А\*год.

Переведемо роки в години:

$$t = 365 \cdot 3 \cdot 24 = 26280 \text{ год.}$$

Середнє споживання пристрою складе приблизно:

$$\frac{2,32 \text{ А} \cdot \text{год}}{26280 \text{ год}} = 88 \text{ мкА.}$$

На прийом або передачу даних в середньому витрачається 15 мА, а в сплячому режимі споживання становить 1мкА.

При даних умовах максимальний робочий цикл пристрою складає:

$$\frac{(0,088 \text{ мА} - 0,001 \text{ мА})}{15 \text{ мА}} \cdot 100\% = 0,58$$

За годину роботи пристрій активний протягом:

$$\frac{3600 \text{ с}}{100\%} \cdot 0,58\% = 20,88 \text{ с.}$$

$$\frac{20,88}{0,03} = 696$$

Середній час обміну між пристроями складає приблизно 3 мс, виходить, що протягом 1 години пристрій може бути активовано 696 раз.

Виходячи з розрахунків, при роботі від однієї пальчикової батарейки Duracell TURBO, бездротовий пристрій передаючи інформацію 696 разів на годину, тобто приблизно кожні 4 секунди, може пропрацювати три роки. Даний приклад розрахунків, демонструє мінімальність енергоспоживання ZigBee пристроїв.

## 2.7 Розрахунок електричних навантажень

Електроенергетичні навантаження визначаються для всіх елементів електромережі, по номінальним показникам навантаження призводять до завищенню показників мережі та потужності трансформатора.

Дуже важливим фактором є визначення правильності електроенергетичних навантажень при проектуванні та експлуатації електричних мереж.

Для визначення електроенергетичних навантажень необхідно визначити кількість електроприймачів та їх потужність та найменування.

Найменування- побутові електроприймачі.

Обираємо електроприймачі та визначаємо їх потужність:

- 1) електрична плитка - 7 кВт;
- 2) кондиціонер - 6,1 кВт;
- 3) розеткова мережа - 2,8 кВт;
- 4) освітлення - 4,5 кВт;
- 5) компресор - 1,4 кВт;
- 6) електрообігрівач - 2,7 кВт;
- 7) мікрохвильова піч – 1,2 кВт.

Також потрібно знати такі параметри:

- 1) потужність одного електроприймача  $P_{ном}$ , та загальну для  $\sum P_{ном} = 23,7$  кВт;
- 2) показники силової збірки  $m$ ;
- 3) коефіцієнт використання  $K_{\epsilon} = 0,15$ ;
- 4) коефіцієнт потужності  $\cos = 0,3$ ,  $tg\varphi = 0,13$ ;
- 5) середнє навантаження: активна  $P_{см}$ , кВт; реактивна  $Q_{см}$ , кВАр, повну, кВ·А.

Визначення середньої активної потужності (завантажена зміна):

$$P_{см} = K_{\epsilon} \cdot \sum P_{ном}, \quad (2.20)$$

$$P_{см} = 0,15 \cdot 23,7 = 3,555 \text{ кВт.}$$

Визначення середньої реактивної потужності (завантажена зміна):

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.21)$$

$$Q_{cm} = 3,555 \cdot 0,13 = 0,462 \text{ кВАр}.$$

Розрахунок показника силовий збірки:

$$m = \frac{P_{\text{номмакс}}}{P_{\text{номмін}}}, \quad (2.22)$$

де  $P_{\text{номмакс}}$  - потужність найбільшого електроприймача в групі, кВт;  $P_{\text{номмін}}$  - потужність найменшого електроприймача в групі, кВт.

$$m = \frac{7}{1,2} = 5,833.$$

Ефективне число електроприймачів визначається:

$$N_e = n_e^* \cdot n, \quad (2.23)$$

де  $n_e^*$  - відносна ефективне число електроприймачів.

Обираємо найбільший за номінальною потужністю електроприймач групи та найбільші електроприймачі потужність яких становить хоча б половину потужності найбільшого.

$$n = 7 \text{ шт.}$$

Відносне значення:

$$n^* = n, \quad (2.24)$$

$$n^* = 7.$$

$$P^* = \sum P_{\text{ном}}, \quad (2.25)$$

$$P^* = 23,7.$$

За отриманими значеннями  $P^*$  та  $n^*$  за таблицею визначаємо  $n_e^*$ :

$$n_e^* = 0,38.$$

Знаходимо ефективне число для групи - побутові електроприймачі:

$$N_e = 0,38 \cdot 7 = 2,66 \approx 3 \text{ шт.}$$



Коефіцієнт максимуму для групи - побутові електроприймачі, визначаємо за таблицею:

$$K_{\max} = 1,71.$$

Визначаємо максимальну активну, реактивну і повна потужність:

$$P_{\max} = P_{\text{см}} \cdot K_{\max}, \quad (2.26)$$

$$P_{\max} = 3,555 \cdot 1,71 = 6,079 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\max} = Q_{\text{см}} \text{ якщо } n \geq 10, \quad (2.27)$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \text{ якщо } n \leq 10, \quad (2.28)$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot 0,462 = 0,508 \text{ кВАр.}$$

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}, \quad (2.29)$$

$$S_{\max} = \sqrt{6,079^2 + 0,508^2} = 6,1 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Розрахунок значення максимального струму:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.30)$$

де  $U_{\text{ном}}$  - номінальна напруга мережі 220 В.

$$I_{\max} = \frac{6,1}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 7,509 \text{ А.}$$

## 2.8 Розрахунок навантаження освітлення

У «розумному будинку», що проектується дуже важливо обрати систему загального освітлення з рівномірним розміщенням світильників.

Норма мінімальної освітленості робочої поверхні складає  $E_{\min} = 300$ .

Розраховуємо освітлювальне навантаження.

Висота підвісу світильника визначається по формулі:

$$h_n = H - (h_p + h_c), \quad (2.31)$$

де  $h_p$  = висота над рівнем підлоги ( $h_p = 0,25$  м.);  $h_c = (0,2...2,5)$ ;  $H$  - висота будинку ( $H = 2,5$  м.).

$$h_n = 2,5 - 0,25 - 0,75 = 1,5 \text{ м.}$$

Індекс помешкання розраховується:

$$i = \frac{(A+B)}{h_n} \cdot (A+B), \quad (2.32)$$

де  $A$  - довжина будинку;  $B$  - ширина будинку.

$$i = \frac{(6 \cdot 10)}{1,5 \cdot (6+10)} = 2,5 \approx 3$$

Коефіцієнт використання світлового потоку визначаємо за таблицею.

$$h = 0,75$$

Відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot h_n, \quad (2.33)$$

де  $\lambda = (0,8...1,5)$ .

$$L = 0,85 \cdot 1,5 = 1,275 \text{ м.}$$

Визначення відстані від стіни до першого ряду світильників:

$$\ell = (0,25...0,5) \cdot L, \quad (2.34)$$

$$\ell = 0,5 \cdot 1,275 = 0,638 \text{ м.}$$

Визначення кількості рядів світильників по довжині будинку:

$$N_A = \frac{A - (2 \cdot \ell)}{L} + 1, \quad (2.35)$$

$$N_A = \frac{6 - (2 \cdot 0,638)}{1,275} + 1 = 7,843 \approx 8 \text{ шт.}$$

Визначення кількості рядів світильників по ширині будинку:

$$N_B = \frac{B - (2 \cdot \ell)}{L + 1}, \quad (2.36)$$

$$N_B = \frac{10 - (2 \cdot 0,638)}{1,271} + 1 = 4,706 \approx 5 \text{ шт.}$$

Розрахунок світлового потоку одного світильника

$$\Phi = E \cdot K_3 \cdot A \cdot B \cdot \frac{Z}{N_A} \cdot N_B \cdot h, \quad (2.37)$$

де  $E$  - норма мінімальної освітленості ( $E = 300$  лк);  $K_3$  - коефіцієнт запасу ( $K_3 = 1,5$ );  $Z$  - коефіцієнт мінімальної освітленості  $Z = 1,2$ .

$$\Phi = 300 \cdot 1,5 \cdot 6 \cdot 10 \cdot \frac{1,2}{7,843} \cdot 4,706 \cdot 0,9 = 1,74 \cdot 10^4 \text{ лм.}$$

Обираємо лампу ДРЛ 250 (6) потужністю 250 Вт; з робочою напругою 130 В; потік 30000; термін служби 12 000 годин.

Розраховуємо норму освітленості:

$$E_p = \Phi_n \cdot \frac{E}{\Phi_l}, \quad (2.38)$$

де  $\Phi_n$  - нормований світловий потік;  $E$  - нормована освітленість ( $E = 150$  лк.)  
 $\Phi_l$  - розрахунковий світловий потік.

$$E_p = 13000 \cdot \frac{150}{17500} = 111,429 \text{ лм.}$$

Електричний розрахунок освітлювального навантаження.

Для розрахунку освітлювальних мереж потрібно: обрати перетин дротів, зобов'язані забезпечити необхідні напруги джерел світла тому, що тільки при цьому забезпечується їх ефективна та економічна робота. Обраний перетин дротів по механічній міцності повинні забезпечувати надійність при монтажі та експлуатації.

Розрахунок активної потужності освітлювального навантаження:

$$P_{осв} = P_l \cdot N \cdot K_6 \cdot K_{нка}, \quad (2.39)$$

де  $P_l$  - номінальна потужність однієї лампи; Вт;  $N$  - кількість світильників;  
 $K_6$  - коефіцієнт використання світлового потоку;  $K_{нка}$  - коефіцієнт пускорегулювальної апаратури ( $K_{нка} = 1,1$ ).

Розраховуємо кількість світильників по формулі:

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (2.40)$$

$$N = 7,843 \cdot 4,706 = 36,909 \approx 37 \text{ шт.}$$

$$P_{осв} = 0,25 \cdot 36,909 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 9,135 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність освітлювальної установки:

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.41)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi = 0,13$ .

$$Q_{осв} = 9,135 \cdot 0,13 = 1,188 \text{ кВАр.}$$

Розрахунок повної потужності освітлювального навантаження:

$$S_{осв} = \sqrt{P_{осв}^2 + Q_{осв}^2}, \quad (2.42)$$

$$S_{осв} = \sqrt{9,135^2 + 1,188^2} = 9,212 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Номінальний струм освітлювального навантаження:

$$I_{осв} = \frac{S_{осв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.43)$$

$$I_{осв} = \frac{9,212}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 11,339 \text{ А.}$$

Вибір вступного автомата для освітлювальної мережі:

$$I_{мси} = I_{ном.осв} \cdot 1,15, \quad (2.44)$$

$$I_{мси} = 11 \cdot 1,15 = 12,65 \text{ А.}$$

Обираємо вступний автомат марки ВА51-25 з номінальним струмом 25 А та струм струмом розчеплювача 14 А.

Вибір дротів. Обираємо дріт марки ПВ з мідною жилою перетином 1 мм<sup>2</sup> з допустимим струмом 15 А.

Розрахунок номінального струму лінії, що відходить:

$$I_{омд} = \frac{I_{ном.осв}}{N}, \quad (2.45)$$

де  $N$  - число ліній, що відходять ( $N = N_B$ ).

$$I_{om\partial} = \frac{2,2}{4} = 0,55 \text{ А.}$$

За умовами допустимого нагріву обираємо провід марки ПВ з мідною жилою перетином  $1 \text{ мм}^2$  з допустимим струмом  $15 \text{ А}$ .

Обираємо автоматичний вимикач на лінію, що відходить:

$$I_{мен.омх} = I_{омх} \cdot 1,15, \quad (2.46)$$

$$I_{мен.омх} = 0,55 \cdot 1,15 = 0,633 \text{ А.}$$

Обираємо автоматичний вимикач ВА51-25 з номінальним струмом  $25 \text{ А}$  та струмом розчеплювача  $2 \text{ А}$  та дріт марки ПУЕ з мідною жилою перетином  $0,5 \text{ мм}^2$  з допустимим струмом  $11 \text{ А}$ .

## 2.9 Розрахунок контуру заземлення

Розрахунок заземлюючого контуру проводиться для визначення типів заземлювачів їх конструкції, кількості і місце розміщення.

Загальна протяжність повітряних кабельної ліній становить  $12 \text{ км}$ , кабельної лінії  $1,2 \text{ км}$ .

$$I_z = \frac{U \cdot (35 \cdot \ell_k + \ell_\epsilon)}{350}, \quad (2.47)$$

де  $U$  - лінійної напруги мережі ( $U = 10 \text{ кВт}$ );  $\ell_k$  - довжина кабельної лінії ( $\ell_k = 1 \text{ км}$ );  $\ell_\epsilon$  - довжина повітряних ліній;  $\ell_\epsilon = 10 \text{ км}$ .

$$I_z = 10 \cdot \frac{(35 \cdot 1 + 10)}{350} = 1,286 \text{ А.}$$

Опір заземлювального пристрою для мережі  $10 \text{ кВт}$  при загальному заземленні:

$$R_z = \frac{U_z}{I_z}, \quad (2.48)$$

де  $U_z$  - напруга замикання ( $U_z = 125$ )

$$R_z = \frac{125}{1,286} = 97,222 \text{ Ом.}$$

Величина опору захисного заземлення на стороні 0,4 кВ. З глухо заземленою нетральною, повинна становити 4 Ом. Отже, при сумісному виконанні захисних заземлень, загальний опір буде не більше 4 Ом. Приймаємо  $R_3 = 4$  Ом.

Розрахунок питомого опору ґрунту:

$$P_{\text{пит.опр}} = p_{\text{гр}} \cdot \psi, \quad (2.49)$$

де  $p_{\text{гр}}$  - опір ґрунту чорнозем; ( $p_{\text{гр}} = 20$ ) Ом / м;  $\psi$  - розрахунковий коефіцієнт визначається по таблиці ( $\psi = 1,62$ ).

$$P_{\text{пит.опр}} = 20 \cdot 1,62 = 32,4 \text{ Ом.}$$

Опір одиночного пруткового заземлення:

$$R_{\text{о.пр}} = 0,00227 \cdot P_{\text{пит.опр}} \cdot 10^2, \quad (2.50)$$

$$R_{\text{о.пр}} = 0,00227 \cdot 32,4 \cdot 100 = 7,355 \text{ Ом.}$$

Число заземлювачів:

$$N = \frac{R_{\text{о.пр}}}{\eta \cdot R_3}, \quad (2.51)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт екранування ( $\eta = 0,7$ )

$$N = \frac{7,355}{0,7 \cdot 4} = 2,627 \approx 3 \text{ шт.}$$

Приймаємо до розміщення 3 пруткових заземлювачів розміщених по контуру.

## 2.10 Імітаційна модель роботи комп'ютерної системи «Розумний будинок»

Для проведення експерименту для початку потрібно задати умови. Візьмемо будівлю, що складається з чотирьох кімнат: вітальня, ванна кімната, спальня, кухня. План будинку відображено на рисунку 2.31.

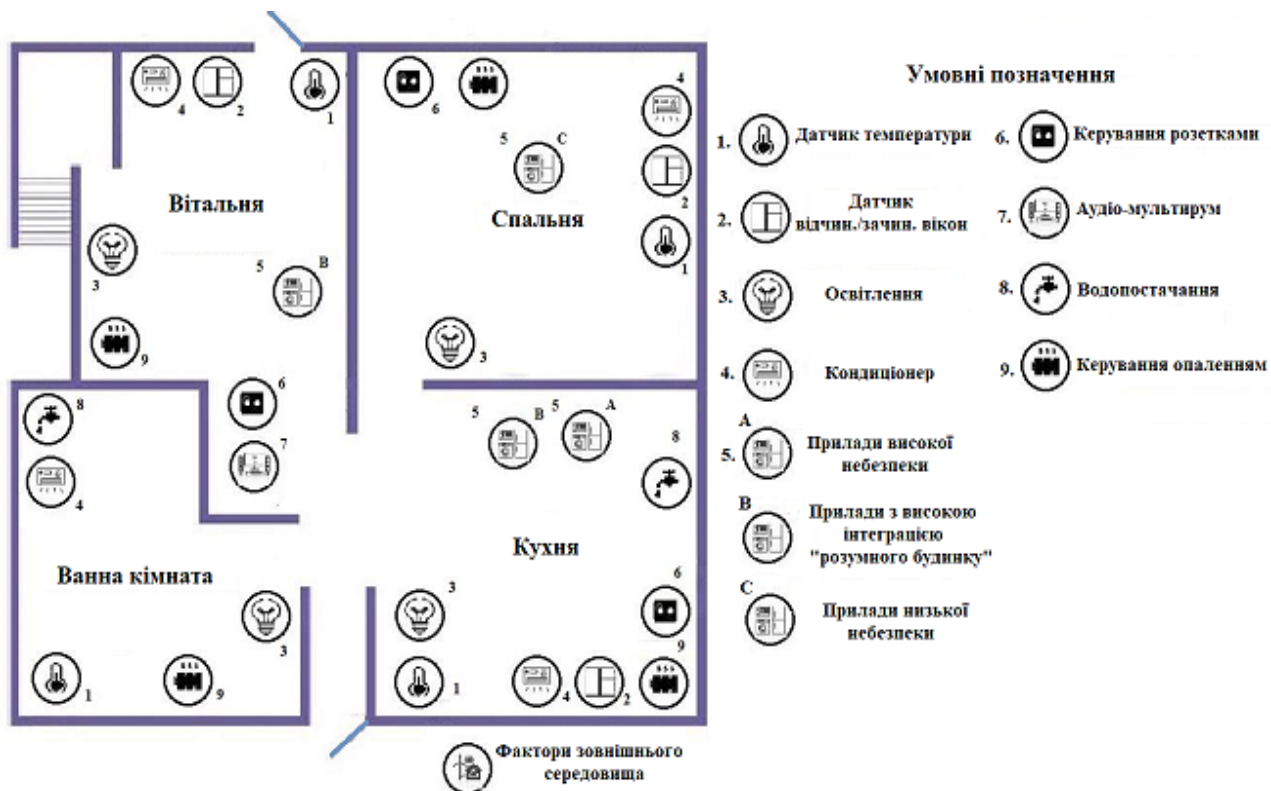


Рисунок 2.31 - План будинку

Визначаємо вид кімнати та задаємо параметри заданих умов для кімнат :

Вітальня:

Датчик температури	18-22°C
Датчик відчинення/зачинення вікон (вентиляція)	зачинено
Освітлення	вимкнено
Кондиціонер	вимкнено
Керування розетками	увімкнене
Мультимедіа	вимкнено
Електроприлади з високою інтеграцією	увімкнені
Керування опаленням	увімкнене
Гучність звуку	20-100дБ

## Спальня

Датчик температури	18-25 °C
Датчик відчинення/зачинення вікон (вентиляція)	зачинено
Освітлення (загальне та спеціальне)	вимкнено
Кондиціонер	увімкнене
Керування розетками	увімкнене
Керування опаленням	увімкнене
Електроприлади низької небезпеки (лампа, радіотелефон )	увімкнене

## Кухня

Датчик температури	15-23 °C
Датчик відчинення/зачинення вікон (вентиляція)	зачинено
Освітлення	вимкнено
Кондиціонер	увімкнене
Керування розетками	увімкнене
Контроль опалення	увімкнене
Контроль водопостачання	увімкнене
Електроприлади з високою інтеграцією РБ (розумний холодильник, розумна пральна машина) та з високою небезпекою ( газова плітка, мікрохвильова піч )	увімкнене

## Ванна кімната

Датчик температури	18-25 °C
Датчик освітлення	вимкнено
Кондиціонер	увімкнене
Керування опаленням	увімкнене
Контроль водопостачання	увімкнене

Також потрібно враховувати такі зовнішні фактори: час доби, погодні умови, рівень шуму (за вікном), кількість людей з якої складається сім'я. В Імітаційна модель роботи комп'ютерної системи «розумний будинок» розрахована середньостатистичну сім'ю, що налічує три особи: мати, батько та дитина. Кожен член сім'ї має свої індивідуальні налаштування. Вся інформація про кожного з членів сім'ї введена в базу даних системи «розумний будинок».



На етапі дослідження необхідно провести серію експериментів, спрямованих як на підтвердження результативності алгоритмів динамічного синтезу компромісного профілю, так і на уточнення вмісту бази знань.

Як інструмент проведення експерименту, розглянемо написаний в процесі проведення дослідження, імітатор, інтерфейс якого представлено на рисунку 2.32.

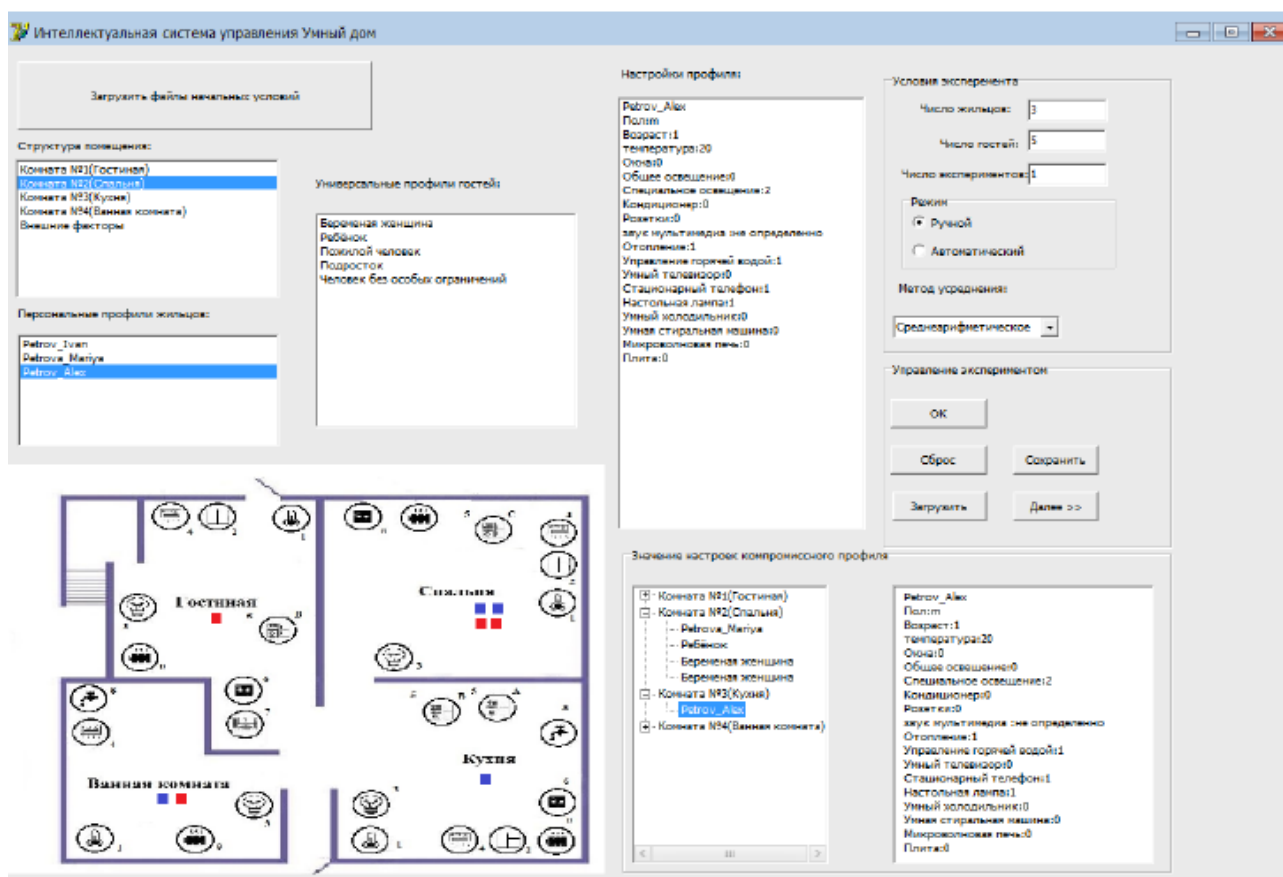


Рисунок 2.32 – Імітатор роботи системи «розумний будинок»

При натисканні кнопки «Завантажити файли початкових умов» завантажуються структура приміщення, персональні профілі мешканців будинку та універсальний профіль гостей.

В «Налаштуваннях профіля» можна продивитися подробиці початкових умов налаштування кімнат та профілі мешканці та гостей.

За «умов експерименту» запускається моделювання.

На початку випадковим чином розташовуємо членів родини та гостей в кімнаті. Для кожної кімнати запускається процес обробки експертної системи

ядра керування «розумного будинку» та відбувається синтез динамічного профілю. Далі використовується профіль та оцінка задоволення господарі та гостей.

Групи елементів:

«Структура приміщення» відповідає за налаштування обладнання кімнатах та зовнішніх факторів: час доби, погодні умови, рівень шуму та ін.;

«Персональний профіль мешканців» - індивідуальні налаштування для господарів;

«Універсальні профілі гостей» - налаштування обладнання в гостьових кімнатах.

«Умови експерименту» - кількість мешканців, гостей та експериментів, вибір режиму (автоматичне, керування вручну), метод усереднення: середньоарифметичний, середньогометричний;

Логіка роботи імітатора спирається на метод Монте-Карло, призначений для генерації рівномірно розподіленої послідовності псевдовипадкових величин.

Опишемо загальну послідовність роботи програми. Спочатку генеруються для кожного експерименту мешканців та гостей, що знаходяться в кімнатах. Після цього по циклу здійснюється синтез динамічного профіля за вказаною методикою для кожної кімнати в окремоті. Далі обробляється методика оцінки комфорту та безпеки усіх присутніх. Результати оцінки усереднюються та інтегрується з попередніми оцінками на попередніх кроках експерименту. Все повторюється доти, доки усі вказані в полі «Число експериментів» кроки експерименту не будуть виконані. Далі здійснюється вивід результатів та демонстрація протоколу, що будує графіки.

Для проведення експерименту було задано 30 ітерацій в програмі, вона кожен раз генерувала мешканців та гостей, розміщуючи їх кімнатах, в результаті було отримано протокол результатів, представлений в додатку А.

При побудові гістограми, що зображена на рисунку 3.33 для оцінки рівня задоволеності та безпеки до експерименту з орієнтацією на господарів

(горизонтальна вісь - абсцис) позначили комфорт та безпеку для господарів та гостей, значення комфорт та безпека, позначені у відсотках на вертикальній осі (ось ординат).

У випадку якщо система орієнтована по пріоритетному профілю під господарів, показники комфорту та безпеки у відвідувачів погіршуються до 46%.

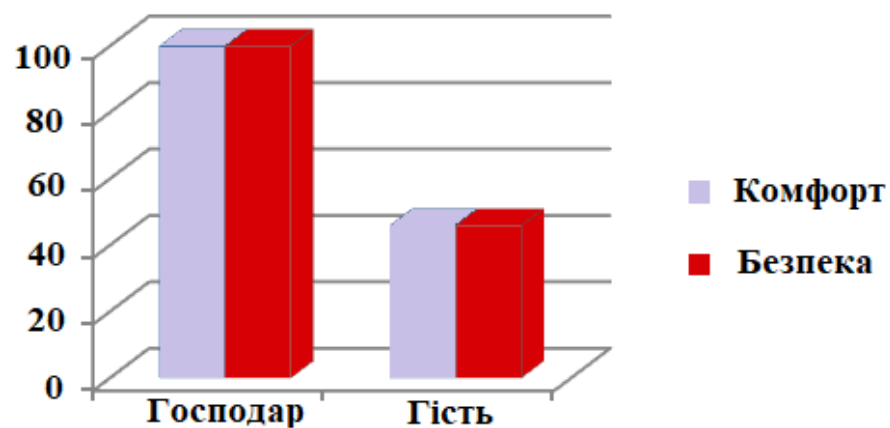


Рисунок 2.33 - Показник рівня комфорту та безпеки до експерименту з орієнтацією на господаря

У випадку якщо система орієнтована тільки на профіль гостей, то погіршується показник комфорту у господаря до 54% при побудові гістограми, як представлена на графіку (рис.2.34).

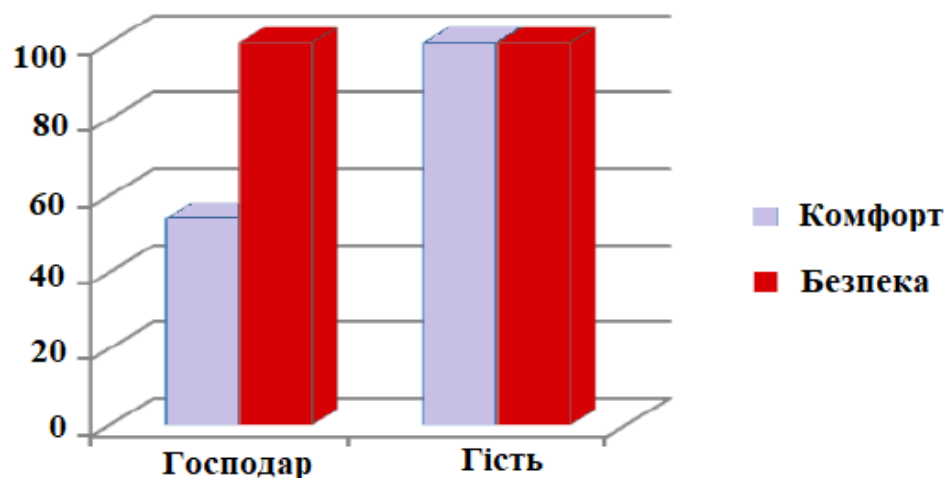


Рисунок 2.34 - Показник рівня комфорту та безпеки до експерименту з орієнтацією на гостя

Після проведення 30 експериментів на імітаторі отримуємо порівняльний графік результатів обробки експериментів. При побудові гістограми (рис.2.35) на осі абсцис позначено комфорт та безпека для господарів та гостей, а на осі ординат – значення комфорту та безпеки, у відсотках.

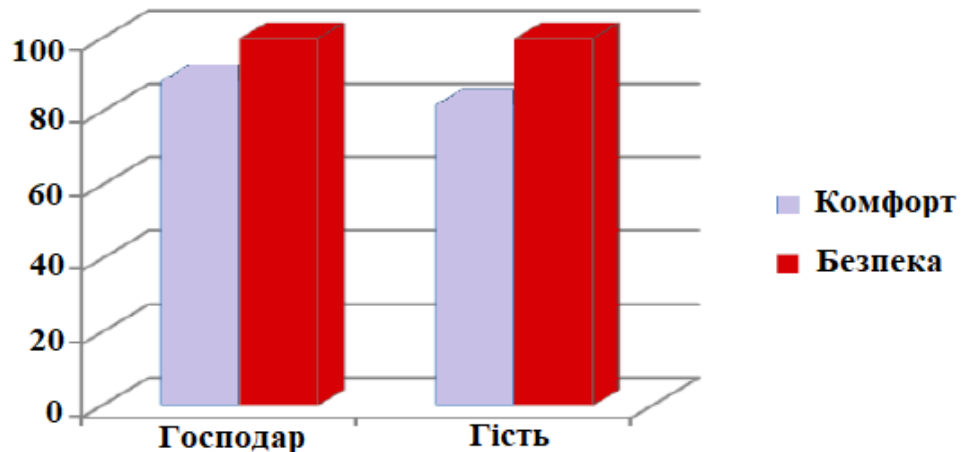


Рисунок 2.35 - Показник рівня комфорту та безпеки після експерименту при інтелектуальному керуванні системою «розумного будинку»

В результаті експерименту було визначено позитивний ефект, що підтверджує підвищення безпеки гостей на 54% та комфорту господарів на 34%.

Таким чином система підтвердила свою придатність до подальшого використання.

## 2.11 Експеримент з датчиком

Для модуляції потоку випромінювання при русі людини необхідно створити чергування зон з максимальною та мінімальною чутливістю. Найбільш ефективно це досягається за допомогою багатопроменевої зони чутливості. Для її створення можна використовувати вхідне вікно з багатьма лінзами, фокуси яких сходяться на поверхні чутливого елементу (піроприймача). Для даного методу можна застосовувати звичайні лінзи, однак через велике поглинання випромінювання матеріалом вхідного вікна, що виготовлено з поліетилену, сигнал значно послаблюється. Тому великий ефект

дає використання лінз Френеля – система концентричних прозорих та непрозорих кілець, що чергуються. Радіуси кілець пропорційні квадратному кореню з номера кільця, а відстань між сусідніми кільцями зменшується зі збільшенням номеру. В результаті інтерференції сумарна амплітуда випромінювання в фокусі такої лінзи дорівнює сумі амплітуд випромінювання від кожного прозорого кільця. Якщо замість зачорнення зменшити оптичну товщину відповідного кільця на половину довжини хвилі то всі коливання які йдуть від різних кільцевих зон, будуть приходити в точку фокусу з одною і тою ж фазою. Тому результуюча амплітуда коливання буде дорівнювати сумі коливань які приходять від всіх парних і непарних кілець.

#### Методика експерименту

Приміщення було розділено на два квадрати. Людина переміщується всередині площини площею 2,5х2,5 метри. Потім фіксується результат реагування датчика при переміщенні людини всередині цієї площини.

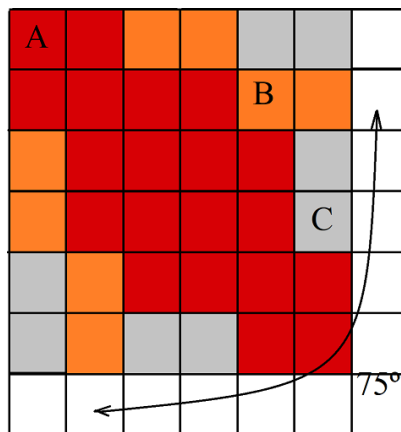


Рисунок 2.36 – Експериментальна діаграма направленості датчика

З рисунку 2.36 видно, що кут огляду діаграми направленості складає 75°, а також крайні частини діаграми виявились набагато менш чутливими в порівнянні з іншими. Загальна кількість зон (квадратів) склало 84 шт. Кількість «мертвих зон» склало 56 штук. Таким чином для розрахунку відсотка «мертвих зон» використовуємо формулу:

$$N_{МЗ} = \frac{56 \cdot 100\%}{84} = 67\%$$

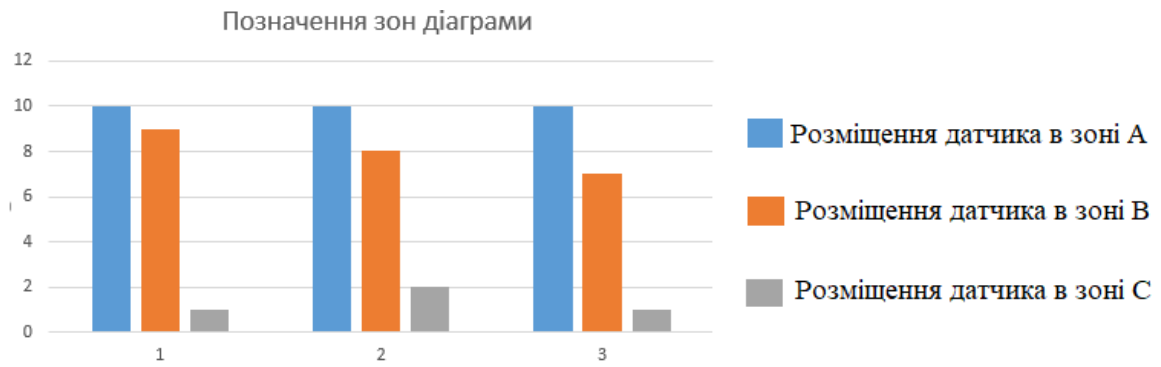


Рисунок 2.37 – Позначення зон діаграми

Експеримент по складанню діаграми направленості проводився два рази. Різними кольорами позначені зони чутливості діаграми направленості. Перевірка кожної зони проводилася по десять разів. Як видно, в зоні А результат перевірки склав 100%, в зоні В – від 70 до 90%, в зоні С – 20% і менше. Таким чином, зона С є найменш чутливою і видача тривожного сигналу в ній менш всього вірогідна і стабільна.

Експеримент впливу температури в приміщенні, що знаходиться під охороною.

Методика експерименту:

За допомогою кондиціонера в приміщенні виставляється температура спочатку 15°C, потім 18, 20 і 25, вмикається обладнання, потім відкривається вікно на 20 секунд. Температура повітря поза приміщенням складає 28 °C, таким чином, більш теплі маси повітря проникають в приміщення, що охороняється, змінюючи температурний фон всередині нього. Кожен експеримент з певною температурою повітря в приміщенні повторювався по 10 разів.

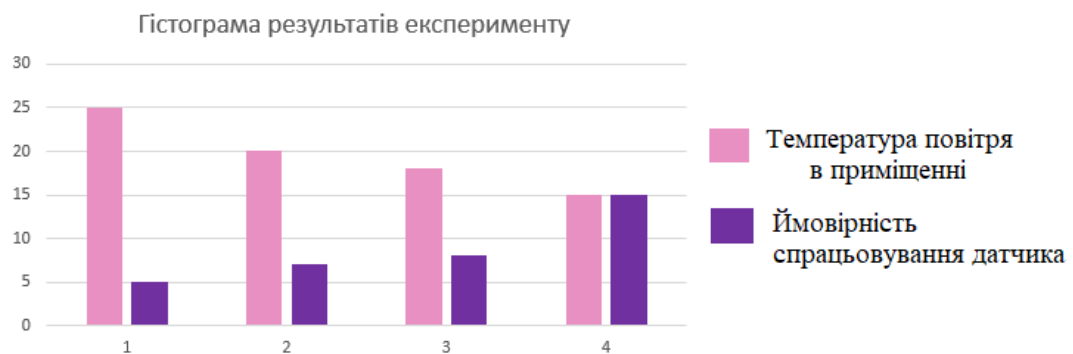


Рисунок 2.38 – Гістограма результатів експерименту

На рисунку видно, що чим менша різниця температур в приміщенні і за його межами, тим менша вірогідність, що датчик зреагує на динамічне вимірювання температури в приміщенні, що охороняється.

## 2.12 Інтелектуальна вимірювальна мікросхема ADuC816

Aduc816 - це закінчений препроцесор (перетворювача) інтелектуального датчика, що включає в себе: два сигма – дельта АЦП високого розширення, 8-розрядний мікропроцесорний пристрій управління,

вбудовану нерушівний FLASH/EE пам'ять програм та даних. Це малоспоживаючий пристрій, що приймає сигнали низького рівня безпосередньо з первинного перетворювача.

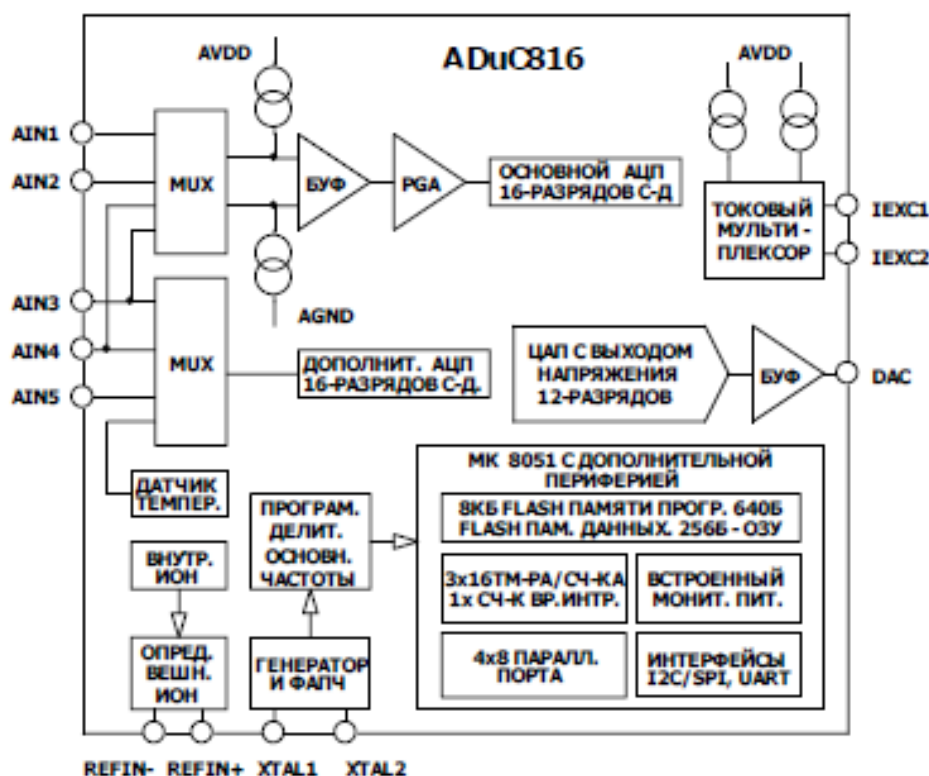


Рисунок 2.31 - Блок-схема Aduc816

Два незалежних АЦП приладу (головний і допоміжний) містять температурний датчик і УПКУ (дозволяє безпосередньо приймати низько рівневі сигнали). АЦП з вбудованими цифровими фільтрами призначені для вимірювання сигналів з широким динамічним діапазоном і низькою частотою, таких як сигнали від датчиків, електронних ваг, вимірювачів напруженості,

перетворювачів тиску або температури. Швидкість вихідного потоку даних АЦП може програмуватися, а дозвіл АЦП залежить від швидкості потоку даних і коефіцієнта посилення. [43]

Цей низькоспоживаючий прилад працює від вбудованого 32 кГц задаючого генератора, частота якого за допомогою системи ФАПЧ підвищується до 12,58 МГц. Ця частота надходить на програмований дільник для формування синхросигналу вбудованого мікропроцесора. Мікроконтролер містить 8052 ядра, будучи, таким чином, сумісним з 8051 системою команд. Машинний цикл ядра дорівнює 12 тактових циклів. Прилад містить 8 КБ програмної енергонезалежної FLASH/EEPROM пам'яті, 640 байт FLASH/EEPROM пам'яті даних і 256 байтне ОЗУ.

Прилад може виконувати додаткові аналогові функції за допомогою вбудованих подвійного 12 бітного ЦАП, джерел струму, схеми спостереження за напругою живлення і ІОН. Вбудована цифрова периферія містить сторожовий таймер, таймер тимчасових інтервалів, три таймера/лічильника і три послідовних (I2C, SPI і UART - сумісних) порта.

Вбудоване при виробництві програмне забезпечення дозволяє реалізувати завантаження і налагодження програми (через UART), а так само режим емуляції через висновок nonEA. Прилад ADuC816 підтримується налагоджувальною системою QuickStart. Це повнофункціональна дешева тестова система, що складається з програмних (Windows сумісних) і апаратних інструментів. [43]

Прилад може працювати від 3 та 5 В. джерела живлення. При роботі від 3В. джерела живлення прилад споживає менше 10 мВт.



## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО БУДИНКУ»

### 3.1 Опис ідеї проекту

В попередніх розділах було зроблено порівняльний аналіз ПЗЗ - матриці, та проведено експеримент з розрахунками її похибок вимірювання; розглянуто варіанти підключення сповіщувачів (для охоронної системи); зроблено порівняльний аналіз сучасних засобів контролю стану комп'ютерної системи; показано переваги гібридних варіантів побудови системи, а також обрано інтелектуальні датчики та лінії зв'язку, та оптимізація їх навантаження.

В даному розділі буде розглянуто метод удосконалення комп'ютерної системи цифрового будинку, що полягає у покращенні побудови каналів збору даних, виборі датчиків та інтерфейсних поєднань всіх пристроїв.

Розумний будинок сьогодні представляє зручну платформу, для опробування нових комп'ютерних технологій, помітно стимулює розвиток мікроелектроніки в цілому, а також засобів передачі інформації та її захисту.

Удосконалена система «розумний будинок» буде актуальною для приватних власників житлової нерухомості, будівельних компаній, офісних центрів та готелів. Ідея проекту полягає в створенні система, яка робить аварійні ситуації неможливими та забезпечує коректну роботу окремих підсистем в разі відмови загальної керуючої системи. Зміст ідеї, сфери застосування ідеї, можливі базові ринки для пошуків потенційних клієнтів відображено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення вдосконаленої системи «розумний будинок», яка здатна забезпечити реалізацію охоронних функцій, функцій контролю, самодіагностику та захист від виникнення аварійних ситуацій.	Охорона будинку та прилеглої території	Захищеність системи та самої території/будинку від стороннього втручання
	Використання в побутових цілях: клімат-контроль, «розумне світло», контроль шуму.	Забезпечення безпеки, підвищення комфорту, економія (тепло- та енергозбереження), догляд за близькими та моніторинг здоров'я користувачів.

Отже, запропоновано новий метод, створення вдосконаленої інтегрованої системи керування будівлею, що забезпечує комплексну роботу всіх інженерних систем будинку (освітлення, опалення, кондиціонування, водопостачання, контроль доступу та ін.), самодіагностику приладів та систем, захист від проникнення та унеможливлення виникнення аварійних ситуацій.

Розглянемо потенційні техніко-економічні переваги даної ідеї в порівнянні з розробками та ідеями фірм конкурентів. Перш за все потрібно визначити основні техніко-економічні властивості та характеристики ідеї. Далі треба визначити конкурентів, товари-замінники та аналоги, існуючі на ринку споживачів, провести збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї даного проекту та проектів-конкурентів. А також зробити порівняльний аналіз показників, та знайти слабкі, нейтральні та сильні сторони власної ідеї.

Таблиця 3.2. Визначення характеристик ідеї проекту

№п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	IQ Premium Engineering	Smart Home	U-Smart			
1.	Вартість базової системи	22 000 грн	380 000 грн.	40 000 грн.	25 000 грн.	-	-	+
2.	Економія (тепла і світла)	Приблизно 40%	Приблизно 50%	до 30%	15-20%	-	+	-
4.	Надійність	Надійна (запобігає виникненню аварійних випадків в системі)	Надійна (при виході з ладу якогось з блоків, система працює)	При відповідних умовах	При відповідних умов	-	-	+
5.	Висока якість компонентів	Висока якість (інтелект. датчики)	Висока якість	Середня якість	Середня якість	-	-	+

### Продовження таблиці 3.2

6.	Відстеження стану системи в режимі «онлайн»	Можливо	Можливо	Можливо	Можливо	-	+	-
7.	Універсальність (можливість комбінувати пристрої різних виробників)	Можливо	Можливо	Можливо (не всіх)	Не можливо	-	+	-

Як видно з таблиці, основними перевагами проекту є: вартість базової системи, висока надійність та висока якість компонентів. Кожен елемент системи має свою інтелектуальну систему керування, саме це сприяє високій надійності, уникненню аварійних ситуацій та захисту системи від стороннього втручання. А помірна ціна при високій якості компонентів, популяризує систему на ринку споживачів.

### 3.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Вибір технології та реалізації ідеї проекту, а також аналіз існуючих технологій та їх доступність для користувача описано в таблиці 3.3

Таблиця 3.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Створення системи, яка робить аварійні ситуації неможливими, забезпечує реалізацію функцій контролю та самодіагностики.	Розробка програмного забезпечення, синтез ліній зв'язку (Insteon),	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Використання готового програмного забезпечення (Ardublock) та технології Z-Wave.	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Використання готового програмного забезпечення, використання технології ZigBee	Існуюча технологія	Доступна технологія
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: «Розробка програмного забезпечення, синтез ліній зв'язку (Insteon) та використання інтелектуальних датчиків»				

Проаналізувавши дані таблицю 3.2 можна зробити висновок, що для реалізації ідеї проекту, найкращим варіантом буде перший варіант: «Розробка програмного забезпечення та використання протоколу ліній зв'язку Insteon».

Протокол є простим, але дуже надійним, для обміну між пристроями використовується бездротовий і дротовий зв'язок, застосовуються вони одночасно, дублюючи один одного. Також важливою перевагою є підтримка комірчастої топології. Суть комірчастої топології полягає в тому, що кожен прилад є приймачем та передавачем одночасно. Отримавши інформацію від одного з каналів пристрій автоматично дублює її та відсилає іншим приладам з якими він пов'язаний, це дозволяє взаємодіяти з приладами які знаходяться в інших кімнатах.

### 3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для впровадження та виводу проекту на ринок користувачів, обов'язково треба визначити ринкові можливості та загрози, що можуть негативно вплинути на процес її реалізації.

Системне дослідження ринку дозволяє вивчити поведінку споживачів, проаналізувати можливості, які відкриті для підприємства (вихід на міжнародний ринок, розширення переліку послуг, популяризація та ін.), вивчити особливості та перспективи розвитку окремих товарів та послуг, позиції конкурентів (сильні та слабкі сторони), динаміку цін на даний продукт та ін.

Аналіз попиту, обсяги продаж, динаміка розвитку ринку та можливості виходу на ринок даної продукції описано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	багато
2	Загальний обсяг продаж, грн	900000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (характер обмежень)	відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність міжнародним стандартам: ГОСТ 29322-2014, ISO/IEC 19794
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку)	69%

Не зважаючи на те, що існує багато конкурентів та ринок даного продукту є достатньо вузьким, середня норма рентабельності в галузі є більшою за банківський відсоток на вкладення, саме це дозволяє зробити висновок, що система, яка буде розроблятися, є достатньо конкурентоспроможною, тому навіть за високої кількості конкурентів, ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Наступним пунктом потрібно сформулювати потреби ринку, визначити потенційні групи клієнтів та їх характеристики, сформулювати перелік вимог до системи від кожної групи (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Задоволення потреб громадян у створенні комфортних умов проживання, які відповідають сучасним вимогам. Створення нових робочих місць для фахівців різних спеціальностей, задіяних в даному виді діяльності.	Приватні будинки, котеджі і квартири, дитячі садочки та школи, готелі, офіси.	Фактори зовнішнього маркетингового середовища, фінансові можливості, дефіцит необхідних матеріалів, індивідуальність, сприйняття.	Висока якість системи та компонентів; своєчасне виконання робіт; індивідуальний підхід; оптимальне співвідношення ціни та якості; наявність сервісного обслуговування.

Власники приватних будинків, котеджів, квартир; директори дитячих садочків, шкіл та фірм будуть зацікавлені в даному проекті. Також проект дозволить створити додаткові місця для фахівців різних спеціальностей, задіяних в даному виді діяльності.

Індивідуальність системи, висока якість усіх компонентів та самої системи, помірність цін гарантує конкурентоспроможність системи на ринку користувачів.

Після визначення потенційних груп клієнтів проекту, треба провести аналіз ринкового середовища: факторів, що загрожують ринковому впровадженню проекту та факторів, що дають можливості для його подальшого розвитку.

Основні фактори загроз перелічені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Посилення конкуренції на ринку	Зменшення продажу	Рекламні акції, подарунки, знижки; наукові дослідження для покращення параметрів системи.
2.	Відсутність надійних постачальників високоякісного обладнання.	Зменшення продажу	Пошуки постачальників за межами країни.
3.	Несприятлива державна податкова політика, криза.	Фінансові збитки	Зменшення ціни товару, пошук інвесторів, партнерів.
4.	Економічний фактор	Користувачі не будуть купувати систему	Розширення функцій, заміна компонентів, зниження ціни.
5.	Технічний фактор	Не всі користувачі вміють налаштовувати систему.	Зменшення ручних налаштувань, створення «інформаційних вікон» для налаштування

Через те, що одним з головних компонентів системи є обладнання (датчики, модулі, плати, програмне забезпечення, дроти та інше), якість якого сильно впливає на надійність роботи системи «розумний будинок», основними з факторів загроз є відсутність надійних постачальників. Також ціна на обладнання постачальників повинна бути помірною, щоб базова система була конкурентоспроможною за вартістю.

Поряд з існуючими загрозами існує багато можливостей записаних в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вихід на нові ринки	Збільшення кількості продажів	Підвищення попиту, залучення іноземних інвестицій
2.	Можливість розширення переліку послуг	Сервісне обслуговування, створення нових програм	Підвищення попиту, додатковий прибуток
3.	Можливість розробки власних інноваційних рішень	Якісне покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та ціни, пошук партнерів
4.	Поліпшення споживчих характеристик впроваджуваних рішень	Екологічність, покращення умов проживання	Маркетингове дослідження, збільшення попиту, наукове дослідження
5.	Популяризація	Збільшення кількості продажів за рахунок реклами	Послуги маркетологів

Якщо система зарекомендує на українському та міжнародних ринках, це посприятиме не тільки збільшенню попиту, але і появі нових інвесторів, що в подальшому дозволить проводити дослідження для поліпшення споживчих характеристик та власних інновацій.

Після проведення аналізу ринкового середовища, факторів загроз та можливостей, треба проаналізувати доступні пропозиції.

Загальні риси конкуренції на ринку наведено в табл. 3.8

Таблиця 3.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Економічне суперництво між суб'єктами економічних процесів, коли жоден з них (компанія, підприємство, споживач, працівник та ін.) не може впливати на загальну ситуацію на ринку або цей вплив є таким незначним, що ним можна знехтувати	Концентрація діяльності підприємства на новизну та якість товару

Продовження таблиці 3.8

2. Національна	Між компаніями всередині країни	Варіація об'ємів виробництва, співпраця з будівельними компаніями
3. За галузевою ознакою Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі	Формування ринкової вартості товару
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Унікальність кожного об'єкту; удосконалення та створення нових функцій
5. За характером конкурентних переваг - цінова	Цінова. Для значної частки споживачів ціна є визначальною при виборі	Зниження ціни на продукцію, додаткові витрати
6. За інтенсивністю - марочна	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісній зміні системи; закупка якісних приладів, створення власної торгової марки

Загальні риси конкуренції на ринку показали, що дана система конкурентоспроможна на ринку споживачів. Для забезпечення переваги незалежно від інтенсивності конкуренції треба розробляти стратегію, ефективність якої не буде залежати від конкурентного середовища. При формуванні стратегії треба враховувати основні фактори впливу на інтенсивність конкуренції.

Проведемо більш детальний аналіз конкуренції в даній галузі

Таблиця 3.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальник	Клієнти	Товари-замінники
	“U-Smart”, “SmartHome”, “IQ Premium Engineering”	Високий бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість, якість товару	Вартість залежить від комплектації	Фактори загроз з боку замінників є
Висновки	Інтенсивне	Є потенційні клієнти та можливості виходу на ринок	Ціна, умови співпраці, кількість обладнання	Вартість системи, якість, гарантійний строк	Відсутнє



На основі аналізу конкуренції в галузі за М. Портером, проведеного в таблиці 3.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту та вимог споживачів до товару, можна зробити висновок, що проект не повинен поступатись в якості конкурентам, мати зручний та цікавий інтерфейс, додаткову функціональність, щоб повністю задовольняти потреби користувачів в даній галузі та залучати нових клієнтів.

Основними умовами в боротьбі з конкурентами є: визначення факторів конкурентоспроможності та їх значимості, науковий підхід та періодичне удосконалення та оновлення удосконалення компонентів системи; застосування сучасних методів дослідження й розробок.

З наведеного вище аналізу визначаємо перелік факторів конкурентоспроможності, які наведено в табл. 3.10

Таблиця 3.10. Фактори та їх обґрунтування конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Використання високотехнологічного обладнання	Якість продукції, точність параметрів тестування, висока достовірність отриманих результатів, самодіагностика приладів
2	Наявність кваліфікованих співробітників.	Достовірність отриманих результатів, гарантія правильної роботи обладнання
3	Доступність	Ціна залежить від комплектації, тому системо може дозволити собі кожен
4	Технічне обслуговування	Оновлення системи та комплектації
5	Безпека та покращення умов проживання	Система відеоспостереження, клімат-контролю, датчики руху, освітлення, захист від протікання, економія ресурсів

Для підвищення довіри та збільшення використання системи необхідно в першу чергу приділити увагу таким факторам конкурентоспроможності, як рівень якості обладнання, що забезпечує надійність роботи системи та її діагностику, приділяти увага до зручності і легкості застосування системи, та зробити її фінансово доступною для споживачів.

Таблиця 3.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін  
«DUST\_METER»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з METER_Kompany						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Висока якість і своєчасність виконання роботи	20							+
2	Велика кількість постачальників	15		+					
3	Індивідуальний підхід	20						+	
4	Оптимальне співвідношення ціни і якості	15						+	

З таблиць 3.10 та 3.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при розробці вдосконаленої інтелектуальної системи «розумний будинок».

Основною перевагою та головним досягненням системи є висока якість продукту, індивідуальний підхід та технічне обслуговування протягом всього терміну його використання споживачем, а також оптимальне співвідношення ціни та якості.

Таблиця 3.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Високотехнологічне обладнання;</li> <li>2. Кваліфіковані співробітники;</li> <li>3. Енергозбереження;</li> <li>4. Доступність;</li> <li>5. Технічне обслуговування.</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Високий рівень відпускних цін компонентів системи;</li> <li>2. Універсальність (вужький асортимент рішень);</li> <li>3. Система потребує певних знань користувачів.</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розширення переліку послуг;</li> <li>2. Вихід на нові ринки;</li> <li>3. Розробки власних інноваційних рішень;</li> <li>4. Покращення характеристик системи;</li> <li>5. Популяризація.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посилення конкуренції на ринку;</li> <li>2. Несприятлива державно-податкова політика;</li> <li>3. Відсутність надійних постачальників високоякісного обладнання;</li> <li>4. Необізнаність користувачів.</li> </ol>

Для отримання позитивних умов введення системи в експлуатацію або зменшення подальших наслідків, треба заздалегідь передбачати появу несприятливих умов, таких як оновлених пристроїв, компонентів та

програмного забезпечення системи, у конкурентів та нестабільність ринку. При цьому потрібно покращувати репутацію, за рахунок реклами, удосконалення та використання інноваційних технологій.

На основі SWOT-аналізу розроблено варіанти ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок користувачів та отримано орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Таблиця 3.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
	Пошук інвестицій	Середня	3-8 місяців
	Збільшення ринку збуту завдяки рекламі	Висока	1-2 роки
	Зменшення ціни на продукт. Акції	Середня	1-3 місяці
	Вихід на міжнародний ринок	Висока	2-3 роки

Провівши аналіз альтернатив ринкового впровадження стартап-проекту, можна зробити висновок, що найбільш оптимальними варіантами будуть збільшення продажів системи, завдяки рекламі та розширенню ринку збуту в інших країнах світу, оскільки вони мають високу ймовірність отримання ресурсів та відносно стислі строки реалізації. Також є непогані варіанти, такі як, пошук інвесторів та періодичне проведення акцій або за можливості зменшення ціни на компоненти та систему в цілому.

### **3.4 Розробка ринкової стратегії проекту**

В розробці ринкової стратегії першими пунктами є визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів, готовність людей купувати дану продукцію, оцінка конкуренції в даному сегменті.

Таблиця 3.1. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні власники житлової нерухомості, будівельні компанії	готові	середній	Висока	+
2.	Власники готелів			Середня	+
3.	Директори фірм, дитячих садочків, шкіл («розумний офіс», «розумний садочок»)			Середня	+
Які цільові групи обрано: приватні власники житлової нерухомості; будівельні компанії; Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати з будівельними компаніями.					

Провівши аналіз потенційних груп споживачів, обрано цільові групи, що представлені власниками приватних будинків або квартир, що зацікавлені в автоматизації або в окремих компонентах даної системи. Інтенсивність конкуренції в даному сегменті є достатньо високою, але якщо прорахувати всі загрози, та недоліки систем конкурентів, можна стати одним з провідних виробників на ринку споживачів.

Таблиця 3.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Залучення споживачів	Орієнтир не тільки на елітарних клієнтів, але і на власників невеликих замських будинків і квартир. Реклама та створення стійкого попиту на товар; якісне обладнання.	Якісне обладнання для комп'ютерної системи «розумний будинок»; Оптимальне співвідношення ціна-якість; знижки та подарунки	Удосконалення

Альтернативою розвитку проекту є залучення споживачів, не тільки власників великих будівельних компаній але і невеликих міських та заміських будинків, а також можливі варіанти побудови системи «розумний садочок», «розумна школа», «розумний офіс». Постачання якісного обладнання оптимальної ціна та індивідуальність системи є основною позицією конкурентоспроможності даної альтернативи.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки описаний в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Продукт не є «першопрохідцем» на ринку	Буде шукати нових споживачів	Компанія майже не буде копіювати конкурентів. Але може бути збіг з конкурентами в деяких датчиках, обладнанні та мережах	Позиційна оборона

Розмір ринкового сегменту системи «розумний будинок» є досить великим, але дуже прибутковим, основною стратегією конкурентної поведінки залучення нових споживачів, турбота про інтереси постійних користувачів та виконання їх забаганок, завоювання прихильності.

Це можна зробити за рахунок підвищення точності пристрою та високої якості обслуговування.

На основі вимог споживачів обраного сегменту (приватні власники багатоповерхівок та маєтків) до постачальника та створеної системи, а також в залежності від стратегії розвитку та конкурентної поведінки треба розробити стратегію позиціонування, яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 3.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Висока якість, захищеність від зламу; вдосконалення продукту враховуючи побажання споживачів	Удосконалення	Оптимальне співвідношення ціни та якості	Висока якість компонентів системи, своєчасне виконання, індивідуальний підхід, сервісне обслуговування

На основі визначених базової стратегії розвитку, конкурентної поведінки та позиціонування, можна сформулювати напрямок роботи стартап-компанії на ринку, що полягає у постійному розвитку та вдосконаленні системи, впровадженні нових функцій, компонентів, інтелектуальних приладів та протоколів в систему.

### 3.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розробки маркетингової програми спочатку потрібно розробити маркетингову концепцію товару, який отримає користувач. У таблиці 3.18 аналізуємо конкурентоспроможності потенційної системи.

Таблиця 3.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Контроль працездатності системи та датчиків	Самодіагностика	Сповіщення про можливий збій в роботі тієї чи іншої частини системи; контроль конструкції будинку
2	Захист від проникнення в будівлю	Система сповіщення поліції та передача зображення	Навіть, якщо злочинець у спеціальному костюмі і камера його не бачить, датчик шуму визначає звук кроків або інших шумів які він створює.
3	Індивідуальність системи	Індивідуальна для кожного	
4	Якість	Якісні датчики та комплектуючі	Закупівля лише якісних комплектуючих

5	Доступність	Доступність базової комплектації	Невисока вартість.
---	-------------	----------------------------------	--------------------

Важливим етапом є визначення ключових переваг концепції товару в розробці стартап-проекту для виконання потреб і забезпечення вигоди, як для споживачів, так і для товаровиробників. Тому вигідними сторонами товару є: контроль працездатності системи та датчиків, захист від проникнення в будівлю, індивідуальність системи.

В таблиці 3.19 Описані основні рівні моделей товару (системи).

Таблиця 3.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Комфортне проживання в будинку, безпека, самодіагностика приладів, економія		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Комп'ютерна система	Нм	Тх
	2. Датчики	М	Тх
	3. Можливість онлайн моніторингу стану системи	Нм	Тл
	4. Інтерфейс	Нм	Тх
	Якість: технічний регламент , результати тестування системи, патент		
	Пакування: кожен датчик упаковано в окрему коробку		
Марка: Independent home			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: вдосконалена система «Розумний будинок»		
	Після продажу: оновлення системи з часом		
Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок логотипу, введення комерційної таємниці на систему ( система «під ключ»), патентування розробленого методу.			

Після опису трьох рівнів моделі товару необхідно визначити цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар. Також треба проаналізувати ціни товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту. В процесі випуску системи її потрібно захистити від нелегального копіювання та випуску шахраями підробок даної системи, тому треба захистити її логотипом, введенням комерційної таємниці та патентуванням методу.

Таблиця 3.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	<b>LITE SOLUTION</b>	400000	10000-80000	20тис.-1000000.

Ціни на систему «розумний будинок» лежать в межах від 20000 до 1000000 грн., вартість залежить від ціни на компоненти системи «розумний будинок», націнки, якості виконання робіт та реклами фірми на ринку споживачів.

Таблиця 3.2. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Не регулярне замовлення системи	Встановлення контактів із споживачами та підтримка їх; формування попиту і стимулювання збуту; зменшення витрат; маркетингове дослідження.	0 (без посередників)	Серед приватних власників житлової нерухомості; будівельні компанії

Для забезпечення ефективної реалізації стартап-проекту оптимальною системою збуту обрано прямий, без залучення посередників між виробником та споживачем. Для економії коштів замовлення може проводитися в онлайн режимі (через сайт).

В таблиці 3.22 розглянута специфіка поведінки клієнтів, ключові позиції проекту, концепція рекламного звернення, а також завдання які повинні виконати рекламні повідомлення.



Таблиця 3.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Індивідуальний підхід; Доступність клієнтам; Самодіагностика системи .	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Система «розумний будинок» є інноваційною та унікальним

Результатом даного підпункту є орієнтир на регулярні поставки ,ключові позиції: індивідуальний підхід для кожного, самодіагностика системи та доступність усім бажаючим.

## ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

В даному розділі проведено маркетинговий дослідження стартап-проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації. Наведено зміст ідеї стартап-проекту, напрямки застосування та вигоди для користувача.

Проведено аналіз ринку, що показує потенційні техніко-економічні переваги ідеї проекту та проектів потенційних конкурентів. Допомогає визначити перелік слабких та сильних характеристик та властивостей ідеї, на основі, яких буде сформована конкурентоспроможна інформаційна система «розумний будинок».

Невід'ємною частиною маркетингового аналізу є визначення технологічної здійсненності проекту.

Також було визначено ринкові можливості та потенційні загрози планування напрямків розвитку проекту, враховуючи стан ринку, потреби потенційних користувачів та пропозиції конкурентів. Визначено потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи, проведено аналіз ринкового середовища: визначено фактори, що позитивно впливають на проект, та фактори, які йому перешкоджають; аналіз пропозиції та аналізу конкуренції.

На основі попередніх досліджень було визначено фактори конкурентоспроможності, за допомогою яких проведено аналіз сильних та слабких сторін проекту, проведено SWOT-аналіз, на основі якого розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок. Фінальним кроком маркетингового аналізу було розроблення ринкової стратегії проекту та розроблення маркетингової програми стартап-проекту.

## ВИСНОВКИ

Система «розумний будинок» представляє зручну платформу, для опробування нових комп'ютерних технологій, стимулює розвиток мікроелектроніки в цілому, а також засоби передачі інформації та її захисту.

Комп'ютерна система «розумний будинок» здатна забезпечити реалізацію охоронних функцій, функцій мікроклімату, дистанційного керування, функцій контролю, а також самодіагностику приладів та самої системи.

Проблему неякісності приладів чи їх старіння можна вирішити, розробивши систему безпеки, яка робить аварійні ситуації неможливими, контролює працездатність приладів та міцність конструкцій дому до вібрацій. Це означає створити інтегровану систему керування будівлею з можливістю забезпечення комплексної роботи всіх інженерних систем будинку: освітлення, опалення, вентиляція, кондиціонування, водопостачання, контролю доступу та ін. В цій підсистемі закладається «інтелект» будівлі - те, як вона буде реагувати на зміну параметрів датчиків системи та інші події типу позаштатних ситуацій. Забезпечити коректну роботу окремих підсистем в разі відмови загальної керуючої системи або інших частин системи.

Основним критерієм при побудові системи для реалізації функцій «розумний дім» були:

- мініатюрність компонентів без втрати надійності їх роботи;
- індивідуальність системи;
- основну увагу слід приділяти гібридним технологіям і нанотехнологіям.

Провівши низку аналітичних та експериментальних досліджень було обрано найбільш якісні та вдалі датчики, лінії зв'язку та інші складові, що повинні входити до системи «розумний будинок». Дослідження показали, яким обсягом додаткового освітлення повинна керувати система, щоб забезпечити норму освітленості в будинку; безпека стромоспоживання

напряму залежить від якісної установки вимикачів, розеток, електричного навантаження, заземлення електропроводки та її якісного прокладання. Розрахована вібраційна стійкість та міцність системи, а також енергоспоживання датчиків від батарейки та ін.

Було вирішено замінити використання звичайних датчиків на датчики з інтелектуальною складовою, що можуть попереджати аварійні ситуації та самотестуватися. Це зробить систему розумного будинку безпечною і надійною для споживача.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Умный дом:[ Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.dom-electro.ru/> .
2. SmartVisu:[ Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.smartvisu.de/> .
3. MajorDoMo:[ Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://majordomo.smartliving.ru/> .
4. Система умного дома Freedomotic :[ Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.freedomotic.com> .
5. Node-red графический конфигуратор для интернета вещей: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://r-iot.org/2016/07/04/node-red-> .
6. Fibarо:[ Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.fibaro.com/>
7. Сетевое оборудование NetPing:[ Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.netping.com.ua/> .
8. Беркут-ЕТ: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://metrotek.ru/?p=3363>.
9. Беркут-ЕТ (BERcut-ET) тестер-анализатор Ethernet:[ Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://radikom.ru/t\\_723746\\_berkut-et\\_bercut-et\\_tester-analizator\\_ethernet\\_i\\_gigabit\\_ethernet.html](http://radikom.ru/t_723746_berkut-et_bercut-et_tester-analizator_ethernet_i_gigabit_ethernet.html) .
10. Крейтовая система LTR Руководство пользователя: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.lcard.ru/download/ltr.pdf> .
11. Види тестування та відмінності між ними : [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.quality-assurance-group.com/vydy-testuvannya-ta-vidminnosti-mizh-nymy-shpargalka-z-testuvannya-chastyna-4/> .
12. Модульное тестирование (Unit testing): [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://qalight.com.ua/baza-znaniy/modulnoe-testirovanie/> .
13. Альфа- и бета-тестирование: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://training.gatetestlab.com/blog/technical-articles/alpha-beta-testing/> .

14. Приемочное тестирование или Приемочно-сдаточное испытание (Acceptance Testing): [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.protesting.ru/testing/levels/acceptance.html>.
15. Пилотное тестирование: [Интернет-ресурс] - Режим доступа: <https://lpgenerator.ru/blog/2017/06/07/kak-pilotnoe-testirovanie-mozhet-uluchshit-issledovanie-polzovatelej/>.
16. Тестування: Критерії та методи: [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://mmsa.kpi.ua/sites/default/files/disciplines/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0%20%D1%96%20%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC/didkovska\\_m\\_v\\_testing\\_part2\\_criteria.pdf](http://mmsa.kpi.ua/sites/default/files/disciplines/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0%20%D1%96%20%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC/didkovska_m_v_testing_part2_criteria.pdf).
17. Пахомов С. Тестирование и диагностика компьютера в домашних условиях: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=11136>.
18. Norton Security : [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://ko.com.ua/norton\\_security\\_lider\\_1\\_po\\_zashhite\\_v\\_segmente\\_home\\_small\\_business\\_128354](https://ko.com.ua/norton_security_lider_1_po_zashhite_v_segmente_home_small_business_128354).
19. Тестирование и диагностика компьютера в домашних условиях: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=11136>.
20. Методы и приборы для тестирования линий связи: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://skomplekt.com/tools/138891.html/>.
21. Рефлектометр. Виды и устройство. Работа и применение. Как выбрать: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/reflektometr/>.
22. Импульсный метод: [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B4%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC/didkovska\\_m\\_v\\_testing\\_part2\\_criteria.pdf](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B4%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC/didkovska_m_v_testing_part2_criteria.pdf).

[D0%BB%D1%8F\\_%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B9.](#)

23. Скорость импульса, коэффициент отражения и расстояние до повреждения в кабелях: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://izmer-ls.ru/se/a4.html>.

24. Электрический импеданс: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tel-spb.ru/impedance/>.

25. Типы повреждений: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://izmer-ls.ru/se/a6.html>.

26. Расширенный функционал сервера для управления "умным" будинком: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:JUNG:SmartVisuServer>.

27. Сравнение умных домов: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://hometa.com/articles/sravnenie-sistem-umnyj-dom/>.

28. Датчик температуры и влажности для умного дома Xiaomi: [Интернет-ресурс] - Режим доступа: <https://mysku.ru/blog/china-stores/59163.html>.

29. Introduction to DHT11: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.theengineeringprojects.com/2019/03/introduction-to-dht11.html>.

30. Introduction to DHT22: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.theengineeringprojects.com/2019/02/introduction-to-dht22.html>.

31. Диммер и принцип его работы: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yaelectrik.ru/elektroprovodka/dimmer-cto-eto>.

32. Управление освещением и электропитанием: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://smarton.com.ua/kontrol-bezopasnost-doma/upravlenie-electropitaniem-osvesheniem-v-umnom-dome/>.

33. Датчик движения для включения света: принцип действия и способы подключения: [Интернет-ресурс] - Режим доступа: [https://www.syl.ru/article/175780/new\\_datchik-dvizeniya-dlya-vklyucheniya-sveta-printsip-deystviya-i-sposobyi-podklyucheniya](https://www.syl.ru/article/175780/new_datchik-dvizeniya-dlya-vklyucheniya-sveta-printsip-deystviya-i-sposobyi-podklyucheniya).

- [illegible]



<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30858>

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30845>

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30853>